ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1906 г. ТОМЪ 7 № 5.

Черная температура.

О. Д. Хвольсона.

Терминъ *черная температура* появился всего два года тому назадъ; онъ оказался весьма удобнымъ и быстро пріобрѣлъ права гражданства. Нынѣ онъ весьма часто встрѣчается въ иностранной литературѣ (schwarze Temperatur, température noire).

Постараемся указать, какая величина называется черною температурою тѣла, и какими она обладаетъ свойствами. Для этого мы, прежде всего, напомнимъ нѣкоторыя простѣйшія формулы, относящіяся къ ученію о лучеиспусканіи.

Пусть e лучеиспускательная способность *произвольнаго* тѣла, измѣряемая количествомъ лучистой энергіи, испускаемой въ единицу времени единицею поверхности тѣла. Эта величина есть функція длины волны λ и абсолютной температуры T, такъ что ее можно написать символически въ видѣ $e\ (\lambda, T)$. Обозначимъ, далѣе, черезъ a или $a\ (\lambda, T)$ поглощательную способность того же тѣла, т. е. отношеніе поглощенной тѣломъ лучистой энергіи къ падающей на его поверхность. Если тѣло *непрозрачно* для лучей λ, то

$$a\ (\lambda, T) = 1 - r\ (\lambda, T), \qquad (1)$$

гдѣ $r\ (\lambda, T)$ отношеніе *отраженной* энергіи къ падающей.

По закону Кирхгоффа для всякихъ двухъ тѣлъ

$$\frac{e\ (\lambda, T)}{a\ (\lambda, T)} = \frac{e'\ (\lambda, T)}{a'\ (\lambda, T)}, \qquad (2)$$

или проще

$$(3)\qquad \frac{e}{a}=\frac{e'}{a'}.$$

Здѣсь e и a относятся къ одному, e' и a'—къ другому тѣлу. Само собою разумѣется, что всѣ четыре величины должны относиться къ одинаковымъ лучамъ λ и къ одной и той же температурѣ T.

Абсолютно чернымъ, или какъ мы для упрощенія будемъ его называть, *чернымъ тѣломъ* называется такое тѣло, которое поглощаетъ всѣ падающіе на него лучи. Если для такого тѣла, вмѣсто a и e, писать A и E, то $A=1$ для всѣхъ значеній величинъ λ и T. Сравнивая произвольное тѣло съ чернымъ, имѣемъ по закону Кирхгоффа

$$\frac{e}{a}=\frac{E}{A}=E,$$

откуда

$$(4)\qquad e=a\,E,$$

или точнѣе

$$(5)\qquad e\,(\lambda,T)=a\,(\lambda,T)\;\;E\,(\lambda,T).$$

Сравнивая два черныхъ тѣла, получаемъ

$$\frac{E}{A}=\frac{E'}{A'},$$

или, такъ какъ $A=A'=1$,

$$(6)\qquad E\,(\lambda,T)=E'\,(\lambda,T).$$

Это равенство показываетъ, что испускательная способность есть одинаковая для всѣхъ черныхъ тѣлъ функція величинъ λ и T. Это функція міровая, и весьма многіе ученые старались ее опредѣлить теоретически. Въ предѣлахъ *видимой* части спектра, о которой намъ дальше только и придется говорить, искомая зависимость энергіи E отъ величинъ λ и T выражается достаточною во всѣхъ случаяхъ формулою Вина

$$(7)\qquad E\,(\lambda,T)=C\,\lambda^{-5}\,e^{-\frac{c}{\lambda T}}.$$

въ которой C и c постоянныя числа. Если длину волны λ измѣрять въ единицахъ $\mu = 0{,}001$ мм. (видимая часть спектра тянется примѣрно отъ $\lambda = 0{,}4\ \mu$ до $\lambda = 0{,}7\ \mu$), то

$$c = 14500. \tag{8}$$

Формула (7) даетъ

$$lg\, E = \gamma - \frac{c}{\lambda T}, \tag{9}$$

гдѣ γ не зависитъ отъ T. Мы видимъ, что для чернаго тѣла $lg E$ есть линейная функція обратной абсолютной температуры.

Взявъ производную выраженія (7) по перемѣнной λ и приравнявъ ее нулю, мы найдемъ ту длину волны λ_m, для которой, при данной температурѣ T, въ спектрѣ *чернаго* тѣла энергія наибольшая. Легко получается, см. (8),

$$\lambda_m\, T = \frac{c}{5} = 2900 = Const. \tag{10}$$

Эта формула показываетъ, по какому закону смѣщается максимумъ энергіи въ спектрѣ *чернаго* тѣла, когда мѣняется температура.

Пользуясь формулами (9) или (10) можно измѣрить температуру T *чернаго* тѣла; этимъ занимается возникшая за послѣдніе годы „*оптическая пирометрія*“. Формула (9) даетъ для двухъ температуръ:

$$lg\, \frac{E}{E_0} = \frac{c}{\lambda}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right). \tag{11}$$

Эта формула даетъ возможность опредѣлить T, если извѣстна одна температура T_0 и если измѣрено отношеніе $E : E_0$. Формула (10), т. е.

$$T = \frac{2900}{\lambda_m} \tag{12}$$

также даетъ возможность вычислить T, если опредѣлена длина волны того мѣста спектра *чернаго* тѣла, для котораго энергія E наибольшая. Ваннеръ, Фери, Гольборнъ и Курльбаумъ построили приборы, оптическіе пирометры, при помощи которыхъ

удобно измѣряется температура T *черного* тѣла; эти приборы основаны на примѣненіи вышеприведенныхъ формулъ.

Представимъ себѣ теперь произвольное, *нечерное* тѣло M при достаточно высокой температурѣ и станемъ измѣрять его температуру T при помощи одного изъ оптическихъ пирометровъ, основанныхъ на формулѣ (11), которая, однако, справедлива только для *черного* тѣла. Ясно, что мы поступаемъ совершенно неправильно, и что наше измѣреніе даетъ намъ не истинную температуру T тѣла M, но ту температуру T_s *черного* тѣла, при которой это послѣднее испускаетъ лучи длины волны λ такой же интенсивности, какъ и тѣло M при температурѣ T.

Величина T_s называется черною температурою тѣла M.

Въ формулѣ (5) величина $a(\lambda, T)$ есть правильная дробь, а потому при *одинаковыхъ* температурахъ T мы имѣемъ $E(\lambda, T) > e(\lambda, T)$, т. е. *черное тѣло сильнѣе испускаетъ, чѣмъ всякое нечерное тѣло M.*

Отсюда слѣдуетъ, что при *равенствѣ* лучеиспусканій, т, е. когда мы имѣемъ

$$(13) \qquad e(\lambda, T) = E(\lambda, T_s),$$

всегда $T_s < T$. *Черная температура T_s тѣла ниже его истинной температуры T.*

Опредѣляя температуру по формулѣ (11), мы должны пользоваться по возможности монохроматическимъ свѣтомъ, т. е. мы должны остановиться на лучахъ опредѣленной длины волны λ. Измѣряя температуру *черного* тѣла, мы очевидно получимъ одинъ и тотъ же результатъ, какое бы мы λ не выбрали. Но когда мы имѣемъ дѣло съ произвольнымъ тѣломъ M, спектръ котораго не удовлетворяетъ формулѣ (7), то ясно, что T_s должно зависѣть отъ λ, т. е., что мы получимъ различныя температуры T_s, смотря по тому, какимъ λ мы при измѣреніи будемъ пользоваться. Символически напишемъ $T_s(\lambda)$.

Всякое нечерное тѣло имѣетъ безконечное множество черныхъ температуръ $T_s(\lambda)$, которыя всѣ меньше его истинной температуры T.

Найдемъ связь между T и $T_s(\lambda)$. Формулы (5) и (9) даютъ

$$lg\, e(\lambda, T) = lg a(\lambda, T) + lg\, E(\lambda, T) = lg a(\lambda, T) + \gamma(\lambda) - \frac{c}{\lambda T}\cdot$$

Далѣе формула (9) даетъ

$$lg\,E(\lambda, T_s) = \gamma(\lambda) - \frac{c}{\lambda T_s}.$$

Равенство (13) даетъ

$$lg a(\lambda, T) - \frac{c}{\lambda T} = -\frac{c}{\lambda T_s},$$

т. е.

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s} = \frac{\lambda}{c}\,lg a(\lambda, T).$$

Мы знаемъ, что отражательная способность r весьма мало зависитъ отъ температуры, а потому для *непрозрачныхъ* тѣлъ, см. (1), можемъ допустить, что a отъ T не зависитъ. Тогда мы имѣемъ, см. (8),

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s} = \frac{\lambda}{14500}\,lg a(\lambda), \tag{14}$$

или проще

$$\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T} = K(\lambda), \tag{15}$$

гдѣ $K(\lambda)$ зависитъ только отъ λ.

Если мы остановимся на лучахъ опредѣленной длины волны λ, и станемъ при различныхъ T измѣрять величину T_s, то получится замѣчательно простая зависимость

$$\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T} = K = Const. \tag{16}$$

Формулы (5) и (14) даютъ:

$$lg\frac{e(\lambda, T)}{E(\lambda, T)} = lg a = \frac{14500}{\lambda}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right) = -\frac{14500}{\lambda}K. \tag{17}$$

Если-бы величина K была извѣстна, то по этой формулѣ можно было бы найти отношенiе $e : E$ лучеиспускательныхъ способностей тѣла M и чернаго тѣла для *одинаковыхъ* λ и T; далѣе найдемъ поглащательную способность $a(\lambda)$, а слѣдовательно и отражательную $r(\lambda) = 1 - a(\lambda)$, если тѣло непрозрачно.

Итакъ: *сравнивая истинную температуру T произвольнаго тѣла M съ его черною температурою T_s, измѣряемою оптическимъ пирометромъ, мы можемъ опредѣлить отношеніе $e:E$ и даже отражательную способность r для того же тѣла.* Само собою разумѣется, что всѣ величины должны относиться къ однимъ и тѣмъ же лучамъ λ.

Такое изслѣдованіе произвели Гольборнъ и Геннигъ въ 1905 г. надъ металлами *Pt*, *Au* и *Ag*. Постепенно повышая температуру тѣла, эти ученые измѣряли T при помощи термоэлектрическаго элемента, а T_s при помощи оптическаго пирометра. Такимъ образомъ былъ полученъ рядъ сопряженныхъ величинъ T и T_s. Оказалось, что T и T_s дѣйствительно связаны уравненіемъ вида (16). Для *Pt* было получено

$$\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T} = 0{,}0000507 = K,$$

а уравненіе (17) даетъ затѣмъ

$$\frac{e}{E} = a = 0{,}32$$

и

$$r = 1 - a = 0{,}68.$$

Гольборнъ и Геннигъ пользовались красными лучами опредѣленной длины волны λ. Весьма замѣчательно, что непосредственные измѣренія Гагена и Рубенса дали для *Pt* и для красныхъ лучей (нѣсколько *иной* длины волны) $r = 0{,}64$. Совпаденіе поразительное!

Для тѣхъ же красныхъ лучей Гольборнъ и Геннигъ нашли:

$$\text{для } Au \ldots \frac{e}{E} = a = 0{,}13$$

и

$$\text{для } Ag \ldots \frac{e}{E} = a = 0{,}08.$$

Механика и энергетика.

Эмиля Пикара [1]).

I. *Классическая механика и ея исторія.*

Основы механики за послѣдніе тридцать лѣтъ составляли предметъ многочисленныхъ изслѣдованій. Долгое время казалось, что онѣ выше всякой критики, и что твореніе основателей ученія о движеніи представляетъ собою скалу, которой время никогда не должно поколебать. Проникновенный анализъ изучилъ до тонкости основанія знанія, и вотъ тамъ, гдѣ наши предшественники находили, или казалось имъ, что находили, простыя вещи, мы встрѣчаемъ серьезныя затрудненія. Многіе, которымъ пришлось преподавать начала механики, были смущены непослѣдовательностью нѣкоторыхъ традиціонныхъ изложеній. Они сочли произвольнымъ это сочетаніе математическихъ доказательствъ и опытныхъ принциповъ и замѣтили много логическихъ круговъ.

Быть можетъ, въ этой критикѣ есть кой какія преувеличенія; вѣдь вовсе не парадоксально утвержденіе, что въ начальныхъ основахъ всякаго знанія существуютъ логическіе круги, и безъ нихъ не развивалось бы никакое знаніе. Говоря откровенно, еще вопросъ, возможно ли совершенно стройное изложеніе при первомъ преподаваніи механики. Въ этомъ предметѣ дидактическое и строго систематическое изложеніе, къ которому французское преподаваніе питаетъ иногда черезчуръ большое пристрастіе, имѣютъ цѣну только для тѣхъ, кто уже обладаетъ зна-

---

[1]) Глава изъ недавно вышедшей книги: La Science moderne et son état actuel, par E. Picard, Membre de l'Institut. Paris, Bibliothèque de Philosophie scientifique, 1905.

ніями, а потому начинаетъ проникать убѣжденіе, что указанныя трудности уменьшаются, если стать на историческую точку зрѣнія.

Элементарное преподаваніе механики много выиграло бы, если бы оно было менѣе чуждымъ этой точкѣ зрѣнія. Гораздо болѣе понятной дѣлается та смѣсь постулатовъ и болѣе или менѣе точныхъ опытовъ, которая привела къ общимъ принципамъ, если прослѣдить историческое развитіе знанія въ его главныхъ чертахъ. Пусть не утверждаютъ, что это безполезно; скажутъ, что въ геометріи мы не начинаемъ съ описанія наблюденій и опытовъ нашихъ отдаленныхъ предковъ и анализа умственнаго труда, который привелъ къ установленію постулатовъ геометріи. Дѣло въ томъ, что въ ученіи о пространствѣ, вѣроятно, подъ вліяніемъ продолжительной наслѣдственности, наши геометрическія представленія пріобрѣли интуитивный характеръ. Не то въ механикѣ: здѣсь условія сложны, поэтому нѣкоторые общіе принципы могли быть выдѣлены крайне медленно и запозданіе оказалось огромнымъ по сравненію съ геометріей. Нѣтъ сомнѣнія, что для начинающаго представляетъ большой интересъ прослѣдить въ главныхъ чертахъ и съ необходимыми упрощеніями развитіе идей основателей статики и динамики. Было бы ошибочно думать, что для такого рода преподаванія понадобилось бы очень много времени, не говоря уже о томъ, что подобныя лекціи имѣли бы огромное значеніе.

Стоитъ остановиться немного на этомъ вопросѣ. Критика всегда необходима, но напрасно черезчуръ не довѣрять тѣмъ инстинктивнымъ познаніямъ, которыя часто резюмируютъ въ себѣ длинный рядъ опытовъ. Такого характера познанія въ статикѣ, гдѣ съ давнихъ поръ человѣкъ имѣлъ правильное интуитивное пониманіе соотношеній, позволили заложить первыя основы знанія; онѣ же, соотвѣтственно истолкованныя, привели и къ нѣкоторымъ общимъ принципамъ. Становясь на болѣе гибкую точку зрѣнія исторіи, нечего опасаться ввести въ науку особый родъ ложной и абсурдной строгости и сообщить изложенію неподвижную и схоластическую форму. Такъ, возьмемъ принципъ возможныхъ перемѣщеній съ доказательствомъ Лагранжа, въ которомъ силы замѣнены нитями тѣхъ же направленій, проходящими чрезъ блоки и натянутыми при помощи грузовъ Это доказательство утилизируетъ инстинктивное

познаніе касательно пониженія центра тяжести. Конечно, доказательство здѣсь кажущееся, но сколь оно наглядно

Еще важнѣе исторія развитія принциповъ динамики. Послѣдняя наука вполнѣ современная. Всѣ механическія изысканія древнихъ, въ особенности Грековъ, относятся къ статикѣ. Галилей, Гюйгенсъ и Ньютонъ—вотъ три основателя ученія о движеніи. Галилей основываетъ механику движенія матеріальной точки въ постоянномъ полѣ силъ; очень интересно прослѣдить тѣ послѣдовательныя гипотезы, которыя ввелъ этотъ великій физикъ, прежде чѣмъ дойти до опытовъ съ наклонной плоскостью. „Галилей, правильно замѣчаетъ Э. Махъ, обладаетъ современнымъ складомъ ума: онъ не спрашиваетъ, почему тѣла падаютъ, но какимъ образомъ онѣ падаютъ, т. е. по какимъ законамъ движется свободно падающее тѣло. Чтобы опредѣлить эти законы, онъ вводитъ нѣкоторыя гипотезы; но, въ противность Аристотелю, онъ не ограничивается выставленіемъ ихъ, а стремится доказать ихъ законность путемъ опыта“. Галилей занимается, впрочемъ, одной только точкой и не дѣлаетъ различія между массой и вѣсомъ. Любопытно видѣть, какимъ образомъ Галилей случайно приходитъ къ закону инерціи въ совершенно частной задачѣ: для него это—предѣльный случай движенія точки по наклонной плоскости, когда послѣдняя становится горизонтальной. Великая заслуга Галилея заключается въ томъ, что онъ среди естественныхъ явленій различилъ фактъ, что обстоятельства, опредѣляющія движеніе, вызываютъ ускореніе. Отсюда вытекаетъ и законъ инерціи, и нѣтъ нужды давать ему спеціальное выраженіе, если стать на эту точку зрѣнія. Весьма плодотворными по ихъ послѣдствіямъ были также замѣчанія Галилея, въ которыхъ онъ разсматриваетъ движеніе брошеннаго тѣла, какъ составленное изъ двухъ независимыхъ другъ отъ друга движеній.

Роль Гюйгенса слѣдующимъ образомъ резюмирована Махомъ: „Среди послѣдователей Галилея, Гюйгенса должно признать равнымъ ему во всѣхъ отношеніяхъ. Быть можетъ, онъ обладалъ менѣе философскимъ умомъ, но это компенсировалось у него геометрическимъ геніемъ. Гюйгенсъ не только подвинулъ далѣе изслѣдованія, начатыя Галилеемъ, но и рѣшилъ одну изъ первыхъ задачъ динамики нѣсколькихъ массъ, между тѣмъ какъ Галилей всегда ограничивался динамикой

одного тѣла". Вмѣстѣ съ Гюйгенсомъ также мы переходимъ къ измѣняющимся силамъ; его изслѣдованія надъ центробѣжной силой сыграли капитальную роль въ развитіи механики. Понятіе массы, слѣдуетъ признать, для него неясно, тѣмъ не менѣе онъ трактуетъ вопросъ для того времени весьма трудный, именно задачу о физическомъ маятникѣ, т. е. о тяжеломъ твердомъ тѣлѣ, вращающемся около горизонтальной оси; при этомъ онъ пользуется инстинктивнымъ постулатомъ относительно движенія центра тяжести тяжелой системы, каковой въ сущности сводится къ теоремѣ живыхъ силъ. Ньютонъ завершаетъ построеніе механики. Онъ обобщаетъ понятіе силы и, несмотря на то, что масса имъ разсматривается не совсѣмъ удачно, какъ количество матеріи, онъ первый чувствуетъ вполнѣ ясно, что въ каждой матеріальной точкѣ есть характеристическая постоянная движенія, отличная отъ ея вѣса: это именно и есть масса. Введеніе понятія массы всегда озабочивало тѣхъ, кто писалъ о динамикѣ. Для большого числа авторовъ оно покоится на слѣдующемъ принципѣ, устанавливаемомъ a priori: два тѣла, размѣрами коихъ можно пренебречь сравнительно съ ихъ разстояніемъ, сообщаютъ другъ другу соотвѣтственныя ускоренія, всегда противоположно направленныя, отношеніе которыхъ постоянно, т. е. всегда одно и тоже для данныхъ тѣлъ; отношеніе массъ какъ разъ равно абсолютному значенію отношенія ускореній.

Впрочемъ, необходимо еще ввести въ принципѣ положеніе, что если массы двухъ тѣлъ вычислены по отношенію къ третьему тѣлу, то отношеніе этихъ массъ будетъ согласоваться съ тѣмъ, что дастъ дѣйствіе данныхъ двухъ тѣлъ другъ на друга.

Приходится добавить этотъ второй принципъ, такъ какъ въ данномъ физическомъ вопросѣ не заключается логической необходимости того, что двѣ массы равныя третьей тѣмъ самымъ равны между собой. Когда массы опредѣляются такъ, какъ только что указано, то ясно, что отдѣльно постулировать принципъ равенства дѣйствія и противодѣйствія безполезно: это значило бы два раза высказывать одинъ и тотъ же фактъ. Эта точка зрѣнія безукоризненна, но слѣдуетъ признать, что вслѣдствіе своего астрономическаго характера она уже сложна для дебютанта. Я отдаю предпочтеніе, при первомъ преподаваніи

предмета, другому роду изложенія, болѣе приближающемуся къ историческому ходу развитія: ' какъ кажется, понятіе массы введено впервые тогда, когда замѣтили, что сила тяжести можетъ сообщить одному и тому же тѣлу различныя ускоренія, какъ это показали наблюденія надъ маятникомъ Ришера. Достаточно присоединить къ этому первому факту классическіе опыты Ньютона надъ маятниками, сдѣланными изъ различныхъ веществъ. Затѣмъ мы перейдемъ къ измѣняющимся силамъ по способу предѣловъ, обычному въ математическихъ наукахъ, и такимъ образомъ получимъ основное уравненіе динамики матеріальной точки. Ньютонъ въ своихъ „Principia" допускаетъ существованіе абсолютнаго времени и пространства. Появленіе этихъ понятій, почти метафизическихъ, весьма не нравится въ настоящее время нѣкоторымъ ученымъ въ силу ихъ чисто отвлеченнаго характера. Однако же я не вижу никакого неудобства постулировать, въ началѣ механики, существованіе безусловно неподвижнаго тѣла, которое можно назвать, если угодно, тѣломъ α вмѣстѣ съ К. Нейманомъ и при этомъ воспользоваться представленіемъ объ идеальныхъ часахъ. Знаніе развивалось вмѣстѣ съ этими интуиціями, болѣе или менѣе сознательными; впрочемъ, я даже неувѣренъ, возможно ли мыслить объ относительныхъ движеніяхъ, не обладая идеей абсолютнаго движенія. На мой взглядъ, только послѣ установленія уравненій механики слѣдуетъ распространиться насчетъ приближеннаго характера опытовъ Галилея и Ньютона и точно опредѣлить сравниваемыя системы. Что же касается такъ называемаго логическаго круга при такомъ изложеніи, то мы уже высказались выше по этому поводу; здѣсь имѣютъ мѣсто просто на просто послѣдовательныя приближенія. Основное уравненіе классической механики выражаетъ, что сила равна произведенію массы на ускореніе. На первый взглядъ кажется, что это равенство просто опредѣляетъ силу, и можно тогда задать вопросъ, какой оно представляетъ интересъ. Въ самомъ дѣлѣ оно приноситъ пользу при изученіи движенія матеріальной точки и позволяетъ предсказать это движеніе только въ томъ случаѣ, если сила извѣстна иначе, чѣмъ помощью этого самаго равенства. Тутъ заключается капитальной важности пунктъ, который подкрѣпимъ нѣсколькими простыми примѣрами. Предположимъ сначала, что мы имѣемъ дѣло съ силовымъ полемъ, въ которомъ сила

можетъ быть измѣрена статически и является извѣстной функціей координатъ точки. Разсматриваемое равенство даетъ тогда систему дифференціальныхъ уравненій, интегрированье которыхъ, при данныхъ начальныхъ условіяхъ, опредѣлитъ движеніе. Можетъ еще случиться, что мы имѣемъ дѣло съ полемъ, въ которомъ раньше были наблюдаемы частные виды движеній и для послѣднихъ сила, выведенная изъ основного уравненія, можетъ быть представлена въ формѣ опредѣленной функціи положенія точки. Если допустить, что то же самое имѣетъ мѣсто для всѣхъ движеній, происходящихъ въ данномъ полѣ, то мы будемъ въ состояніи предсказать, помощью интегрированья, движенія во всѣхъ случаяхъ. Такимъ именно путемъ Ньютонъ, исходя изъ движенія планетъ, удовлетворяющаго законамъ Кеплера, пришелъ къ закону всемірнаго тяготѣнія. Можетъ представиться еще много другихъ обстоятельствъ; могутъ существовать связи, и задачей опыта или наблюденія будетъ дать нѣкоторыя указанія относительно этихъ связей, но я сказалъ уже достаточно, чтобы показать истинное значеніе основного уравненія динамики матеріальной точки.

Послѣ періода индукціи, героическаго вѣка динамики, исторію котораго мы напомнили въ главныхъ чертахъ, наступилъ моментъ, когда были направлены усилія къ тому, чтобы дать принципамъ окончательную форму; математическая дедукція стала при этомъ играть существенную роль. Математическій анализъ здѣсь незамѣнимъ, такъ какъ онъ позволяетъ осуществить тотъ наименьшій интеллектуальный расходъ, который придаетъ знанію экономическій характеръ. Я уже останавливался на этихъ пунктахъ раньше и говорилъ по этому поводу о фундаментальномъ значеніи уравненій, съ которыми всегда будетъ связано имя Лагранжа.

II. Дедуктивные методы въ механикѣ. Механика Герца.

Мы только что становились на историческую точку зрѣнія, къ которой, какъ мнѣ кажется, необходимо прибѣгнуть при первомъ изученіи механики, не слишкомъ смущаясь нѣкоторой непослѣдовательностью и, такъ называемыми, логическими кругами. Между тѣмъ многіе сильные умы въ послѣднее время не удовлетворились этими изложеніями, черезчуръ часто проник-

нутыми дуализмомъ между силой и матеріей, вошедшимъ въ классическую механику, въ которой сила представляется, какъ особый агентъ, вызывающій движеніе матеріи. Поэтому знаменитые физики рѣшили порвать со старыми привычками. Совершенно покидая историческую почву развитія науки, они становятся на точку зрѣнія аналогичную точкѣ зрѣнія геометра, который строитъ геометрію, исходя изъ нѣкотораго числа аксіомъ. Ихъ методъ такимъ образомъ вполнѣ дедуктивенъ. Подобный способъ имѣетъ свои преимущества и свои неудобства. Выгоды его состоятъ въ томъ, что получается стройная система; строится цѣльный и апріорный комплексъ представленій, и изъ него выводятся всевозможныя слѣдствія. Сравненіе результатовъ съ опытомъ производится лишь тогда, когда изложеніе системы уже закончено.

Очевидно, что наука пріобрѣтаетъ при этомъ философскій характеръ; съ самаго начала она ясно признаетъ своей единственною цѣлью отысканіе системы образовъ, которые мы приводимъ въ соотвѣтствіе съ дѣйствительностью; они позволяютъ намъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ предвидѣть эту дѣйствительность, не имѣя однако притязаній на полное совпаденіе съ нею. Кромѣ того, непосредственно понятно, что данная система образовъ не есть непремѣнно единственная, и что можно принять ихъ нѣсколько. Здѣсь мы въ тоже время встрѣчаемся съ неудобствами этого дедуктивнаго пути, въ частности какъ метода преподаванія; онъ не показываетъ, какимъ образомъ было воздвигнуто зданіе науки и въ этомъ отношеніи не даетъ удовлетворенія уму. Очевидно, что подобная трудность не проявляется въ геометріи, гдѣ постулаты имѣютъ гораздо болѣе интуитивный характеръ и относятся къ обыденному опыту, какъ я уже имѣлъ случай замѣтить.

Одинъ изъ типовъ построенія механики при помощи дедуктивнаго метода предложенъ Больтцманомъ въ его лекціяхъ объ основахъ механики. Въ нихъ допускается существованіе извѣстнаго числа матеріальныхъ точекъ и формулируется рядъ постулатовъ относительно движенія этихъ точекъ. Ускореніе каждой точки есть сумма $n-1$ отдѣльныхъ ускореній, направленныхъ по прямымъ, соединяющимъ разсматриваемую точку съ $n-1$ другими. Кромѣ того, эти ускоренія, если разсматривать различныя точки, попарно, противоположно направлены и нахо-

дятся въ постоянномъ отношеніи, причемъ можетъ быть установлена одна единственная система отношеній для всѣхъ точекъ. Наконецъ, ускоренія зависятъ отъ разстоянія соотвѣтствующихъ двухъ точекъ.

Мы видимъ, что при посредствѣ такой системы постулатовъ, которую можно было даже еще немного расширить, введеніе понятій массы и силы не представляетъ никакого затрудненія. Такимъ образомъ оказывается установленной система дифференціальныхъ уравненій опредѣленнаго вида. Въ нихъ входятъ различныя произвольныя функціи; остается разсмотрѣть, возможно ли для данныхъ категорій явленій выбрать эти функціи такъ, чтобы факты согласовались съ дифференціальными уравненіями, и чтобы возможно было предсказать движенія, соотвѣтствующія опредѣленнымъ начальнымъ даннымъ. Если такъ выходитъ, то мы обладаемъ тою системою образовъ, о которой я говорилъ выше; мы имѣемъ все, чего должно искать въ механическомъ объясненіи явленій, какъ того требовалъ Кирхгоффъ.

Дедуктивная конструкція механики по иному типу дана въ трактатѣ Гертца. Великій физикъ, столь рано похищенный смертью у науки, послѣ своихъ безсмертныхъ изслѣдованій надъ распространеніемъ электромагнитныхъ волнъ, посвятилъ послѣдній годъ своей жизни систематизаціи своихъ воззрѣній на механику. Система Гертца порываетъ въ гораздо большей степени, нежели предыдущая, съ традиціонными привычками. Сначала необходимо припомнить нѣкоторыя чисто кинематическія понятія. Разсматривая систему точекъ, съ присвоенными имъ нѣкоторыми коэффиціентами, которые впослѣдствіи отожествятся съ массами, легко опредѣлить, что разумѣется подъ длиной элементарнаго перемѣщенія этой системы, равно какъ подъ направленіемъ и кривизной этого перемѣщенія. Между точками системы могутъ быть нѣкоторыя связи. Если онѣ не зависятъ отъ времени и касаются только относительныхъ положеній различныхъ точекъ, то говорятъ, что система свободна. Назовемъ еще вмѣстѣ съ Гертцемъ элементарное перемѣщеніе прямѣйшимъ въ томъ случаѣ, если оно имѣетъ кривизну меньшую, нежели всякое другое, возможное элементарное перемѣщеніе того же направленія; наконецъ, подъ прямѣйшимъ путемъ будемъ разумѣть такой путь, всѣ элементы котораго прямѣйшіе.

При помощи указанныхъ опредѣленій мы можемъ формулировать постулатъ, который служитъ основаніемъ всей механики Гертца: *Свободная система или остается въ покоѣ, или равномѣрно описываетъ траэкторію, которая представляетъ собою прямѣйшій путь.* Можно было бы дать другую форму этому принципу, выражая, что въ дѣйствительномъ движеніи сумма произведеній ускореній точекъ системы на ихъ массы въ каждый моментъ наименьшая, по сравненію со всѣми другими возможными движеніями, соотвѣтствующими тому же положенію и тѣмъ же скоростямъ: это напоминаетъ знаменитую теорему Гаусса.

Согласно воззрѣнію Гертца всякая система въ природѣ есть система свободная или часть свободной системы, къ которой можно приложить основной принципъ. Существуютъ однако системы, которыя кажутся намъ свободными и къ которымъ безусловно принципъ неприложимъ; это зависитъ отъ того, объясняетъ Гертцъ, что, кромѣ видимыхъ движеній, существуютъ движенія скрытыя, причемъ видимыя системы связаны съ системами скрытыми такимъ образомъ, что совокупность системъ, видимой и скрытой, образуетъ въ дѣйствительности свободную систему. Необходимость введенія, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, скрытыхъ массъ кажется, на первый взглядъ, странной, на самомъ же дѣлѣ подобное допущеніе хорошо знакомо физику. Эѳиръ, который играетъ столь важную роль въ физикѣ, есть скрытая масса, нѣкоторыя колебательныя движенія вѣсомой матеріи принадлежатъ также къ движеніямъ скрытымъ.

При всемъ томъ понятно, что неопредѣленность, присущая введенію скрытыхъ массъ, должна особенно затруднять примѣненіе идей Гертца даже въ очень простыхъ случаяхъ. Это тяжкій упрекъ, но, если оставить его въ сторонѣ, то можно только восхищаться прекраснымъ построеніемъ великаго физика; оно въ высокой степени наводитъ на размышленіе и представляетъ обширную программу для механики и физики будущаго. Не слѣдуетъ удивляться, что сила не играетъ здѣсь никакой роли; иначе не можетъ быть въ дедуктивномъ методѣ, въ которомъ устанавливаются только законы движенія. Сила можетъ появиться только въ качествѣ нѣкотораго аналитическаго выраженія. Это именно происходитъ, когда мы беремъ свободную систему и разлагаемъ ее на двѣ части; въ такомъ

случаѣ мы принуждены разсматривать дѣйствіе одной части на другую. Такимъ образомъ мы получаемъ прямо противоположныя дѣйствія и противодѣйствія. Это напоминаетъ классическій постулатъ Ньютона о равенствѣ дѣйствія и противодѣйствія, но важно замѣтить, что законъ, установленный Ньютономъ, имѣетъ болѣе общій характеръ чѣмъ тотъ, который выводится изъ принциповъ Гертца. Сравненіе, немного впрочемъ грубое и не вполнѣ точное, поможетъ въ достаточной мѣрѣ понять этотъ пунктъ. Единственными силами у Гертца являются, такъ сказать, контактныя дѣйствія; въ его механикѣ дѣйствія и противодѣйствія приложены къ однѣмъ и тѣмъ же точкамъ. Между тѣмъ, Ньютонъ, наоборотъ, разсматриваетъ дѣйствіе и противодѣйствіе между солнцемъ и планетой, причемъ двѣ силы приложены къ двумъ различнымъ точкамъ.

Механика Боннскаго физика не знаетъ такихъ силъ, ея принципы можно было бы приложить къ этому случаю только введя нѣкоторую гипотезу относительно природы связи между двумя свѣтилами. Впрочемъ, принципъ Ньютона, въ своей наиболѣе общей формѣ, совершенно неясенъ и его истолкованіе представляетъ различныя трудности въ примѣненіи къ явленіямъ электромагнитнымъ и оптическимъ.

Принципъ сохраненія энергіи, опредѣляемой, какъ сумма произведеній массъ на квадраты скоростей, является для свободныхъ системъ непосредственнымъ слѣдствіемъ основного постулата Гертца; этотъ принципъ мы находимъ въ обычной формѣ въ примѣненіи къ части свободной системы, которую мы разсматриваемъ, какъ подверженную нѣкоторымъ силамъ.

Гертцъ подвергаетъ глубокому изученію циклическія и консервативныя движенія, вдохновляясь предшествующими изысканіями Гельмгольтца. Разсмотримъ систему, составленную изъ массъ видимыхъ и скрытыхъ, подъ условіемъ, что послѣднія образуютъ систему, которую Гертцъ назвалъ циклической адіабатной; въ такомъ случаѣ первоначальная система называется консервативной. Извѣстно, что часто различаютъ энергію кинетическую и энергію потенціальную; для консервативной системы кинетическая энергія есть вышеопредѣленная энергія видимыхъ массъ, а потенціальная энергія есть ничто иное, какъ энергія скрытыхъ массъ.

Эти двѣ энергіи по своей природѣ не различаются другъ отъ друга; отличіе ихъ въ сущности искусственно и зависитъ отъ степени нашего знанія. Мы видимъ, сколь интересны разсужденія Гертца; эти общія воззрѣнія можно разсматривать, какъ опредѣленіе того, что слѣдуетъ разумѣть подъ механическимъ объясненіемъ. Что касается вопроса о томъ, допускаетъ ли всякое явленіе механическое истолкованіе, то я тотчасъ же возвращусь къ нему.

Дедуктивные методы изложенія, представляются ли они въ той или иной формѣ, сначала кажутся весьма соблазнительными. Въ нѣсколькихъ постулатахъ, которые формулируются въ началѣ, конденсируются результаты, къ которымъ привелъ рядъ усилій и исканій ощупью создателей ученія о движеніи. Эти постулаты имѣютъ чрезвычайно общій характеръ, и приходится прибѣгать къ опыту, чтобы провѣрить ихъ болѣе или менѣе отдаленныя слѣдствія. Но тутъ представляются другого рода трудности: эти основные постулаты, выставленные въ началѣ, кажутся странными для тѣхъ, кто встрѣчаетъ ихъ въ первый разъ. Я не знаю, что готовитъ будущее; быть можетъ наука вступитъ на пути, которыхъ мы не въ состояніи предвидѣть; во всякомъ случаѣ есть основаніе надѣяться, что изученіе принциповъ, которое въ настоящее время поглощаетъ столько вниманія, приведетъ къ какимъ-нибудь важнымъ результатамъ. Нѣкоторые полагаютъ, что первая глава динамики такъ, какъ мы ее теперь конструируемъ, я хочу сказать динамика матеріальной точки, по всей вѣроятности должна будетъ исчезнуть. Это вполнѣ возможно, но я не думаю, чтобы это случилось въ ближайшемъ будущемъ; вѣдь атомистическія гипотезы играютъ еще и, быть можетъ, всегда будутъ играть преобладающую роль во многихъ отдѣлахъ науки, и въ настоящее время онѣ проявляютъ даже совершенно обновленную жизненность. Впрочемъ, можетъ быть сохранено одновременно и нѣсколько различныхъ точекъ зрѣнія. Мы вскорѣ отдадимъ себѣ въ этомъ отчетъ, разсматривая различныя направленія общей физики въ наше время.

(Окончаніе слѣдуетъ).

Къ реформѣ преподаванія физики въ средней школѣ.

Г. Г. Де-Метцъ.

1. Я уже имѣлъ случай на страницахъ этого журнала [1]) высказать свою точку зрѣнія на существующую въ настоящее время постановку преподаванія физики въ Россіи и на желательное по моему мнѣнію измѣненіе ея. Въ то время я писалъ свой докладъ для того, чтобы подѣлиться своими мыслями на Кіевскомъ съѣздѣ съ собравшимися тамъ преподавателями. Теперь я хочу еще разъ вернуться къ этому вопросу, какъ въ виду его важности, такъ и въ виду того, что у насъ въ настоящее время опять стоитъ на очереди общая реформа средней школы.

Уже въ 1904 г. я отстаивалъ систему двухъ концентровъ передъ принятою у насъ радіальною системою распредѣленія учебнаго матеріала. Теперь я не только не отступаю отъ этого мнѣнія, но напротивъ еще сильнѣе вѣрю въ его цѣлесообразность и готовъ защищать его, какъ единственный пріемъ, помощью котораго физика въ средней школѣ станетъ, наконецъ, живымъ, любимымъ и понятнымъ предметомъ изученія. Никакъ нельзя начинающимъ ученикамъ набивать голову метафизикою и говорить съ ними о внутреннемъ строеніи матеріи, атомахъ, молекулахъ, силахъ, ихъ сложеніи, разложеніи и т. д, вмѣсто того, чтобы прежде всего познакомить ихъ съ простыми физическими явленіями, происходящими непрерывно вокругъ нихъ въ ихъ повседневной жизни.

Начальный курсъ физики долженъ быть сведенъ къ бесѣдамъ о простѣйшихъ явленіяхъ природы и основанъ исключительно на опытахъ и на вытекающихъ изъ нихъ разсужде-

---

[1]) Физическое Обозрѣніе. 1905, стр. 150.

ніяхъ. Нужно своевременно пріучить учениковъ къ наблюденію явленій природы, къ ихъ описанію и къ построенію правильныхъ умозаключеній. Все это въ развитомъ видѣ и должно составить содержаніе перваго концентра.

Первый концентръ физики нужно ввести въ число учебныхъ предметовъ по возможности раньше, и все преподаваніе физики, въ виду сложности и богатства ея содержанія, растянуть на бо̀льшее число лѣтъ. Я считаю раціональнымъ начинать изученіе физики и химіи уже съ 4-го класса гимназіи и 3-го класса реальнаго училища. Для перваго концентра достаточно отвести по 2 ч. въ недѣлю въ 4 и 5 классахъ гимназіи и по 3 ч. въ недѣлю въ 3 и 4 классахъ реальнаго училища. Для второго концентра слѣдуетъ въ обѣихъ школахъ назначить по 3 ч. въ недѣлю въ теченіе остальныхъ трехъ лѣтъ. Такимъ образомъ на оба концентра слѣдуетъ отвести: въ гимназіи $4 + 9 = 13$ часовъ; въ реальномъ училищѣ $6 + 9 = 15$ часовъ въ недѣлю. Подобное число нисколько не преувеличено и находится въ полномъ согласіи съ новѣйшими нормами французской и прусской школъ и съ пожеланіями наиболѣе авторитетныхъ физиковъ и педагоговъ.

Но если-бы намъ даже удалось провести въ законодательномъ порядкѣ новое число уроковъ физики и новое распредѣленіе ея содержанія по двумъ концентрамъ, то отъ этого общее состояніе преподаванія физики улучшится лишь отчасти, ибо по всеобщему убѣжденію лучшихъ педагоговъ окончательное его усовершенствованіе неразрывно связано съ осуществленіемъ въ средней школѣ практическихъ занятій. Объ этомъ вопросѣ я также имѣлъ уже случай высказаться вкратцѣ, и если я теперь возвращаюсь къ нему еще разъ, то дѣлаю это подъ вліяніемъ горячей проповѣди проф. К. Фишера[1]); только что полученнаго отчета проф. А. Гуцмера, составленнаго отъ имени учебной коммиссіи Общества нѣмецкихъ естествоиспытателей и врачей[2]); и своихъ личныхъ наблюденій, сдѣланныхъ мною недавно въ Россіи и въ Пруссіи.

---

[1]) Prof. K. Fischer. Der Naturwissenschaftliche Unterricht, insbesondere in Physik und Chemie, bei uns und im Auslande. Berlin. Springer. 1905, 72 S. in 4⁰.

[2]) Prof. A. Gutzmer. Reformvorshläge für den mathematishen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Leipzig. Teubner. 1905, 485 in 8⁰.

Проф. Фишеръ написалъ превосходную монографію по постановкѣ преподаванія естественныхъ наукъ, а въ особенности физики и химіи, въ Германіи и въ другихъ большихъ государствахъ Европы и Америки, и собралъ богатый статистическій и фактическій матеріалъ для освѣщенія этого вопроса. Отчетъ проф. А. Гуцмера, предсѣдателя вышеуказанной комиссіи, также полонъ интереса. Я сдѣлаю, однако, изъ нихъ лишь небольшія извлеченія, дабы съ наибольшею убѣдительностью показать читателю, что осуществленіе практическихъ занятій въ средней школѣ не есть утопія или никому ненужная роскошь, но напротивъ того, насущная потребность, удовлетвореніе которой вполнѣ назрѣло.

2. Начнемъ прежде всего съ того, что укажемъ, гдѣ такія занятія по физикѣ уже введены, и какъ они тамъ поставлены, тогда будетъ ясно, чего и намъ слѣдуетъ желать.

Въ самомъ широкомъ масштабѣ практическія упражненія по физикѣ введены въ среднихъ школахъ въ Англіи и въ Сѣв. Соед. Штатахъ и вводятся, согласно новому школьному закону 1902 г., во Франціи. Правда, что они введены въ Англіи всего лишь съ 1889 года по предложенію Британской Ассоціаціи Наукъ, но тѣмъ не менѣе этотъ опытъ уже показалъ, какое плодотворное вліяніе оказываютъ практическія упражненія на учащихся, какъ ученики любятъ и цѣнятъ эти занятія. Практическія занятія по физикѣ, количественныя и качественныя, настолько уже привились въ этихъ странахъ, что возвратъ къ старому школьному режиму сталъ невозможенъ. Особенно напряженно работаютъ въ Америкѣ; тамъ физикѣ посвящаютъ 22% всего учебнаго времени, и половина его тратится въ лабораторіи; физическія лабораторіи при каждой школѣ въ среднемъ занимаютъ площадь въ 118,5 m^2, а число изучающихъ физику доходитъ въ отдѣльной школѣ до 300 человѣкъ!

На континентѣ Европы дѣло обстоитъ хуже. Въ нѣкоторыхъ школахъ, по частной иниціативѣ того или другого преподавателя, практическія занятія по физикѣ введены въ видѣ опыта, но какъ общій педагогическій пріемъ они отсутствуютъ. Повидимому, больше и лучше организованы подобныя занятія въ Германіи, благодаря стараніямъ нѣкоторыхъ профессоровъ и учителей, но и то чаще всего они организованы при реальныхъ гимназіяхъ. Начало ихъ относится къ 1880 г., и теперь можно

насчитать 20—30 среднихъ заведеній, въ которыхъ ученики правильно упражняются въ физической лабораторіи. Понятно поэтому, что эти упражненія еще необязательны. Но общественное настроеніе въ пользу этихъ занятій, и во многихъ городахъ Германіи, напр., въ Мюнхенѣ, Гамбургѣ, уже воздвигнуты просторныя помѣщенія съ хорошо оборудованными химическими и физическими лабораторіями для упражненій учениковъ средней школы. Въ Гамбургѣ общая ихъ площадь равна 250 m^2.

Послѣ Гамбурга физика недурно обставлена въ Голландіи, въ особенности въ реальныхъ училищахъ, но систематическихъ упражненій и тамъ не ведутъ.

Въ остальныхъ государствахъ Европы пока выражаютъ лишь горячее пожеланіе поскорѣе ввести практическія занятія по физикѣ, устроить физическія лабораторіи, но и только.

3. Что касается Россіи, то мы оказались въ не наихудшемъ положеніи. Въ различныхъ нашихъ городахъ есть рядъ видныхъ преподавателей, которые съумѣли побороть неизбѣжныя препятствія и завести въ своихъ школахъ, въ предѣлахъ возможнаго, практическія занятія по физикѣ. Наибольшее число такихъ заведеній, конечно, въ Петербургѣ, гдѣ много потрудились Б. Ю. Кольбе, Ф. Индриксонъ и Н. С. Дрентельнъ, но за то они встрѣчаются и въ Варшавѣ, и въ Кіевѣ, и въ Лодзи, и въ Псковѣ, гдѣ также нашлись свои піонеры въ лицѣ господъ Ростовцева, Слѣсаревскаго, Шпачинскаго, Вульфензона и, вѣроятно, многихъ другихъ, почтенныя имена которыхъ мнѣ пока неизвѣстны. Я убѣжденъ, что мой перечень далеко неполный, и что его можно продолжить. За всякое разъясненіе и дополненіе я впередъ благодарю и подымаю этотъ вопросъ въ данное время, чтобы выяснить его наилучшимъ образомъ. Очень интересно отмѣтить, что при 3-ей С.-Петербургской гимназіи уже выстроена физическая лабораторія!

4. Итакъ, мы не въ худшемъ положеніи! Но на этомъ нельзя ни остановиться, ни утѣшиться. Мы должны сдѣлать серьезный шагъ впередъ. Конечно, я не мечтаю пока ни объ англійскомъ, ни о сѣверо-американскомъ масштабѣ. Тамъ масштабъ всей жизни шире, тамъ общественное самосознаніе гораздо выше нашего. Но и мы можемъ и должны сдѣлать кое-что для нашей родины, въ особенности теперь, когда весь государственный организмъ омолаживается, когда коренная реформа про-

водится черезъ весь государственный строй, когда народное просвѣщеніе должно, наконецъ, стать самымъ дорогимъ и близкимъ намъ дѣломъ. Нужно надѣяться, что подобно другимъ народамъ, и мы не будемъ останавливаться передъ разумными затратами, ибо онѣ окупятся сторицею. Опытъ новѣйшей исторіи показываетъ намъ, что въ настоящее время господствуетъ тотъ народъ, который наиболѣе образованъ; что просвѣщеніе нужно всему населенію, на всѣхъ ступеняхъ общественной жизни. Поэтому прежде всего нужно удѣлить средства на просвѣщеніе. Но не будемъ ожидать всего отъ одного государства. Въ Германіи уже давно двѣ трети всѣхъ суммъ, расходуемыхъ на образованіе, даютъ городскія и другія общественныя управленія. Да, наши города, въ особенности большіе, должны притти на помощь не только низшей, но и средней и высшей школамъ и постепенно дать тѣ средства, при помощи которыхъ русское просвѣщеніе могло-бы подняться и стать на должную высоту. Пусть наши города берутъ примѣръ съ нѣмецкихъ: Берлинъ ежегодно ассигнуетъ на школы около 10 милліоновъ рублей; Дрезденъ—около 2,5 милліоновъ, и т. д. Удивительно-ли послѣ этого, что тамъ школьное дѣло стоитъ прекрасно. Наше общество не можетъ больше ограничиваться одними пожеланіями; оно также должно рѣшиться на соотвѣтственныя жертвы, ибо безъ значительныхъ денежныхъ затратъ, одною бумажною реформою поднять въ странѣ просвѣщеніе невозможно. И затраты нужно сдѣлать не только на зданія, учебныя пособія и т. д., но и на надлежащее вознагражденіе учебнаго персонала и на его приготовленіе.

Возьмемъ примѣръ съ нашихъ сосѣдей—нѣмцевъ. Они не нанимаютъ своихъ учителей по часамъ, какъ мы, а назначаютъ имъ жалованье за совокупное исполненіе извѣстныхъ обязанностей. Учитель тамъ работаетъ, смотря по государству, въ среднемъ около 20 часовъ въ недѣлю въ классѣ и на дому столько времени, сколько потребуется для исправленія письменныхъ работъ и для приготовленія къ урокамъ. За этотъ трудъ ему платятъ отъ 3000 до 7000 марокъ, увеличивая ему жалованье каждое трехлѣтіе; если-же онъ достигаетъ званія директора, то его жалованье поднимается до 8500 марокъ. Въ вольныхъ германскихъ городахъ жалованье еще выше, и максимальные оклады выплачиваетъ городъ Гамбургъ: учителю 9000 марокъ, а директору 10000 марокъ при готовой квартирѣ. Ко-

нечно, при такихъ условіяхъ въ инструкціи нѣмецкаго учителя слова: „учитель долженъ отдать всѣ свои силы на то, чтобы его ученики наилучшимъ образомъ достигали намѣченной учебной цѣли [1])“, не должны звучать пустою фразою.

Къ сожалѣнію, мнѣ ничего неизвѣстно о матеріальномъ и служебномъ положеніи учителя въ Англіи и въ Америкѣ, гдѣ преподаваніе физики поставлено еще лучше.

Но видно, что даже при такомъ строѣ, какой наблюдается въ средней германской школѣ, повсемѣстное введеніе практическихъ занятій по физикѣ пока не по силамъ ни всякому преподавателю, ни всякой школѣ. Такъ, напримѣръ, я посѣтилъ нынѣшнимъ лѣтомъ въ Кенисбергѣ Wilhelm's Gymnasium и Städtisches Realgymnasium, гдѣ тѣснота помѣщенія не позволяетъ ввести практическія занятія, не смотря на то, что ведущіе тамъ преподаваніе профессора Петерсъ и Жефруа очень сочувствуютъ идеѣ практическихъ занятій по физикѣ. Во Франціи, гдѣ матеріальное положеніе учителя по недавнему признанію Борнека въ общемъ хуже нѣмецкаго, по полученнымъ мною частнымъ свѣдѣніямъ, преподаваніе физики стало на большую высоту и практическія занятія уже заведены вездѣ.

Въ іюнѣ мѣсяцѣ нынѣшняго года Главная инспекція Французскаго Министерства Народнаго Просвѣщенія опубликовала свой отчетъ, въ которомъ она отзывается весьма лестно о составѣ преподавателей и въ особенности о плодотворной дѣятельности Совѣтовъ среднихъ школъ, въ педагогическихъ дѣйствіяхъ и пріемахъ которыхъ сказалась удивительная согласованность, направленная къ поднятію и къ поддержанію преподаванія на большой высотѣ.

Мнѣ кажется, что реформа преподаванія въ средней школѣ должна идти параллельно и въ зависимости отъ матеріальнаго положенія, въ которое будетъ поставленъ нашъ учитель. Только тогда реформа будетъ живою и плодотворною. Думать-же, что возможно осуществленіе новой системы преподаванія при теперешнемъ режимѣ, когда учительскій трудъ скудно оплачивается

---

[1]) Lexis. W. Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. Berlin. Ascher. 1904, Bd. II. Die höheren Lehrahstalten und das Mädchenschulwesen.

по часамъ, когда учитель долженъ набирать въ нѣсколькихъ учебныхъ заведеніяхъ огромное, но необходимое для его существованія число уроковъ, и затѣмъ рваться на части, было-бы большою ошибкой.

Нужно удивляться, что при тяжелыхъ условіяхъ жизни нашего учителя все-таки нашлось нѣсколько піонеровъ на новомъ пути, по которому отнынѣ направляется преподаваніе физики въ передовыхъ странахъ, и нужно въ знакъ уваженія преклоняться предъ ними. Но возвести подобные единичные счастливые факты на степень общаго явленія и требовать отъ каждаго преподавателя физики такого-же увлеченія и самоотверженія, это значило-бы уронить дорогое дѣло.

5. Что же намъ дѣлать? Какъ улучшить преподаваніе физики? Опытъ показываетъ, что параллельно съ единичными случаями прекраснаго преподаванія физики мы вообще отстали отъ культурныхъ странъ. Тамъ уже не довольствуются такъ называемымъ демонстративнымъ методомъ преподаванія и требуютъ, чтобы ученикъ самъ продѣлалъ весь опытъ, самъ выполнилъ рядъ измѣреній и вычисленій и поразмыслилъ надъ его подробностями, а у насъ физическіе кабинеты часто такъ бѣдны, такъ плохо оборудованы и такъ плохо содержаны, что преподаваніе идетъ средневѣковымъ порядкомъ, когда мѣлъ, доска и воображеніе замѣняютъ реальный міръ явленій, когда все приходится выучить по книгѣ, написанной рукою человѣка и затѣмъ ничего не умѣть прочитать въ великой книгѣ, начертанной самою природой.

Кто виноватъ въ подобномъ положеніи вещей? Очевидно, что не общее законодательство, ибо во многихъ мѣстахъ дѣло обставлено и идетъ хорошо; но все-же значитъ эти законы не достаточно опредѣленны, если они могутъ однородныя учрежденія приводить къ противоположнымъ состояніямъ. Въ самомъ дѣлѣ, во Франціи законъ обязываетъ среднюю школу къ тому, чтобы ея физическій кабинетъ включалъ извѣстное минимальное число приборовъ; вслѣдствіе чего стоимость кабинетовъ тамъ колеблется отъ 9000—35000 франковъ, смотря по значенію заведенія. Въ Австріи стоимость кабинетовъ безъ оборудованія колеблется отъ 5500—10000 флориновъ; въ Германіи минимумъ около 5000 марокъ; въ Америкѣ отъ 7200—33000 марокъ. Очень богато обставлены физическіе кабинеты въ Голландіи,

напр. въ Роттердамѣ, Меппемѣ, Алькмарѣ, такъ какъ тамъ обязательно отпускаютъ на ежегодное пополненіе ихъ около 510 марокъ. Въ Германіи эти отпуски колеблются отъ 100 до 400 марокъ; но кромѣ того, какъ заявляли мнѣ сами преподаватели, всегда легко получить прибавку до 500 марокъ, а на крупныя передѣлки и пріобрѣтенія единовременныя пособія достигали даже 6000 марокъ.

Въ новомъ русскомъ законѣ также необходимо будетъ указать, что на оборудованіе новыхъ кабинетовъ и лабораторій отпускается столько-то; на ежегодное пополненіе и ремонтъ— столько-то. Только тогда и русскій учитель физики станетъ самостоятельнымъ хозяиномъ своего кабинета, а потому и вполнѣ отвѣтственнымъ за него лицомъ. А при теперешнемъ порядкѣ ему нельзя отвѣчать за печальное состояніе своего кабинета, ибо ему часто на это не даютъ денегъ. Мнѣ кажется, что средства, собираемыя даннымъ учебнымъ заведеніемъ, прежде всего должны итти на улучшеніе постановки преподаванія въ немъ, на пріобрѣтеніе книгъ, коллекцій, инструментовъ и т. д. Нѣмецкія гимназіи не блещутъ своими паркетами и не поражаютъ изяществомъ убранства, но за то какъ богаты онѣ учебными пособіями!

6. Резюмируя все сказанное, я рисую себѣ слѣдующую картину постановки преподаванія физики въ новой русской средней школѣ, которую я предполагаю восьмилѣтней и двухтипной: классическою и реальною. Если-бы однако она превратилась въ семиклассную, какъ во Франціи, то пришлось-бы нижеслѣдующее распредѣленіе подвинуть внизъ на одинъ классъ.

1°. Программы преподаванія будутъ внимательно пересмотрѣны и по возможности упрощены; за этими программами будетъ сохраненъ лишь примѣрный характеръ, отнюдь не стѣснительный для инициіативы отдѣльнаго преподавателя.

2°. По своему содержанію и по способу изложенія эти программы будутъ распредѣлены на два концентра, какъ это уже принято въ Пруссіи съ 1901 г. и во всей Франціи съ 1902 г.

3°. Первый концентръ будетъ протекать въ IV и V классахъ при двухъ часахъ въ недѣлю въ каждомъ классѣ классической гимназіи и при трехъ часахъ въ недѣлю въ каждомъ классѣ реальнаго училища.

4°. Второй концентръ захватитъ VI, VII, VIII классы при трехъ часахъ въ недѣлю въ каждомъ классѣ классической гимназіи и реальнаго училища.

5°. Преподаваніе физики будетъ построено исключительно на опытахъ въ первомъ концентрѣ и по преимуществу на опытахъ во второмъ концентрѣ.

6°. Въ дополненіе къ демонстраціямъ обязательно производимымъ учителемъ въ классѣ, ученики будутъ упражняться, группами не болѣе 15 человѣкъ, въ физической лабораторіи, по 1 часу въ недѣлю въ каждомъ классѣ и въ каждой группѣ.

7°. При общемъ улучшеніи положенія и оклада учителя средней школы будетъ справедливо оцѣнена затрата времени преподавателемъ физики, которому приходится отдавать много внѣкласснаго времени на приготовленіе опытовъ для уроковъ и на веденіе практическихъ занятій. Въ Германіи при средней 20 часовой нормѣ проектируютъ для преподавателя физики 12 ч. классной работы, засчитывая ему остальные 8 ч. на внѣклассныя приготовленія.

8°. На систематическое пополненіе и улучшеніе физическаго кабинета и физической лабораторіи будутъ отпускаться особыя средства въ размѣрѣ не менѣе 250—300 рублей ежегодно.

9°. На приведеніе въ должный порядокъ теперешнихъ физическихъ кабинетовъ будутъ отпущены единовременныя ассигнованія, размѣръ которыхъ для каждаго заведенія опредѣлитъ его Педагогическій Совѣтъ по представленію преподавателя физики.

10°. Въ помощь преподавателю физики будетъ назначенъ особый служитель при физическомъ кабинетѣ и физической лабораторіи.

Такъ рисуется въ моемъ воображеніи предстоящая реформа преподаванія физики въ нашей средней школѣ, и мнѣ хочется вѣрить, что мы уже скоро дождемся ея осуществленія. Мы слишкомъ долго стояли на мѣстѣ: пора и намъ двинуться впередъ.

Кіевъ, май 1906 г.

Къ вопросу о полученіи высокихъ температуръ въ техническихъ и научныхъ лабораторіяхъ.

К. Г. Дементьева [1]).

При разнообразныхъ научныхъ изслѣдованіяхъ, а также при техническомъ контролѣ многихъ химическихъ и металлургическихъ процессовъ, вопросъ о полученіи высокихъ температуръ самъ собою выдвигается на первый планъ.

Стоитъ лишь указать на процессъ закаливанія стали, на фабрикацію цемента, стеклодѣліе и всю обширную область керамики, чтобы настоятельная необходимость имѣть подъ рукою аппаратъ для быстраго, удобнаго и экономическаго полученія высокихъ температуръ стала сама собою очевидною.

Къ сожалѣнію, раціональный типъ лабораторной печи, вполнѣ отвѣчающей названнымъ требованіямъ, до сихъ поръ еще не выработанъ. И этотъ досадный пробѣлъ въ лабораторной практикѣ безъ сомнѣнія является одною изъ причинъ, почему теоріи многихъ производствъ, особенно относящихся къ области технологіи извести и глины, такъ отстали въ своемъ развитіи отъ практики.

Въ настоящей статьѣ я касаюсь исключительно печей, болѣе или менѣе пригодныхъ при разработкѣ вопросовъ цементнаго дѣла и керамики, хотя оговариваюсь, печи эти могутъ

---

[1]) Литература. Verein deutscher Fabriken feuerfester Produkte. Tonindustrie-Zeitung. 1905, №№ 72 и 73. Prometheus 1904, № 763. Techn. Rundschau 1904, № 25. Elektr. Ans. 1904, № 60, 61. Verhandlungen des Vereins zur Beföderung dos Gewerbfleisses, 1904, Heft V. L'Elettricita. Milano. XXIV № 10.

Патенты. D. R. P. № 156360; 151278; 153100; 156232 Pat. V. St. № A. 770991.

имѣть примѣненіе для многихъ очень разнообразныхъ научныхъ и техническихъ цѣлей. Нагрѣвательные аппараты, имѣющіе въ настоящее время примѣненіе въ керамическихъ лабораторіяхъ, можно раздѣлить на слѣдуюшія три категоріи: 1) печи, отопляемыя сухимъ или жидкимъ топливомъ: уголь, коксъ, дрова, нефть и пр.; 2) печи, отопляемыя газомъ; 3) электрическія печи.

I. *Отопляемыя печи.*

Лабораторныя печи, отопляемыя сухимъ топливомъ по размѣрамъ не рѣдко приближаются къ типамъ заводскихъ печей. Такова, напр. муфельная печь, установленная въ лабораторіи для испытанія матеріаловъ въ Цюрихѣ. Физико-химическіе процессы въ подобныхъ печахъ протекаютъ при условіяхъ, весьма близко подходящихъ къ условіямъ обжига въ заводскихъ размѣрахъ. Къ сожалѣнію, устройство ихъ не подъ силу большинству научно-техническихъ лабораторій; кромѣ того, эти печи заводскаго типа занимаютъ много мѣста, требуютъ особаго лица для ухода, расходуютъ значительное количество топлива и весьма медленно нагрѣваются и охлаждаются. Къ печамъ, отопляемымъ твердымъ топливомъ, слѣдуетъ отнести и общеизвѣстную въ лабораторной практикѣ печь Девилля, довольно портативную и дающую достаточную для многихъ цѣлей температуру до 1700—1800° С.

Печь эта, однако, требуетъ приспособленія для дутья и особенно рекомендовать ее не приходится въ тѣхъ случаяхъ, когда на первый планъ нужно поставить условія опрятности и быстроты въ работѣ.

Тамъ, гдѣ приходится производить въ теченіе дня многократныя обжиги при тождественныхъ условіяхъ, съ большимъ успѣхомъ примѣняютъ печи съ жидкимъ топливомъ изъ нефтяныхъ остатковъ. Подобныя печи существуютъ въ лабораторіяхъ многихъ русскихъ металлургическихъ заводовъ. Слѣдуетъ, впрочемъ, замѣтить, что для научныхъ работъ и эти печи мало пригодны въ виду невозможности регулировать въ нихъ температуру въ болѣе или менѣе тѣсныхъ предѣлахъ.

Керамическія лабораторіи, имѣющія въ распоряженіи свѣтильный газъ, часто пользуются газовыми лабораторными пе-

чами, какъ тигельными, такъ и муфельными. По личному опыту мы можемъ рекомендовать изъ этого класса лабораторныхъ нагрѣвательныхъ аппаратовъ тигельную печь „Зегера", дающую температуру до 1600° С., и муфельныя газовыя печи различныхъ системъ, въ которыхъ температуру возможно поднять до 1300—1400° С.

Газовыя печи значительно быстрѣе разогрѣваются, чѣмъ печи съ твердымъ топливомъ, занимаютъ меньше мѣста и даютъ возможность работать съ ними болѣе опрятно; но аппараты эти не лишены и существенныхъ недостатковъ, заключающихся въ томъ, что они расходуютъ значительныя количества газа; варьировать температуру въ широкихъ предѣлахъ также затруднительно, какъ и въ предыдущихъ печахъ и, кромѣ того, наивысшій предѣлъ достигаемой температуры зависитъ въ сильной степени отъ состава и давленія свѣтильнаго газа.

Если лабораторія имѣетъ въ распоряженіи электрическую энергію, то, внѣ всякаго сомнѣнія, удобнѣе и цѣлесообразнѣе устраивать электрическія печи.

II. Электрическія лабораторныя печи.

Извѣстные до сихъ поръ лабораторные приборы, нагрѣваемые при помощи электрическаго тока, можно раздѣлить на двѣ группы.

Къ первой группѣ принадлежатъ лабораторныя печи, въ которыхъ матеріалъ накаливается въ вольтовой дугѣ; ко второй—аппараты, въ которыхъ электрическая энергія превращается въ тепло по закону Джауля.

Съ печами перваго типа возможно достигнуть весьма высокихъ температуръ, но существенный ихъ недостатокъ заключается въ томъ, что зона дѣйствія высокой температуры опредѣленной напряженности весьма ограничена; помимо этого, накаливаемый продуктъ приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ выдѣляющимися при накаливаніи угля газами (CO и др.), а также загрязняется сваливающимися съ углей шлаками.

Устройство нагрѣвательныхъ электрическихъ приборовъ съ сопротивленіемъ основано на общеизвѣстномъ законѣ Джауля, согласно которому при прохожденіи тока въ проводникѣ выдѣ-

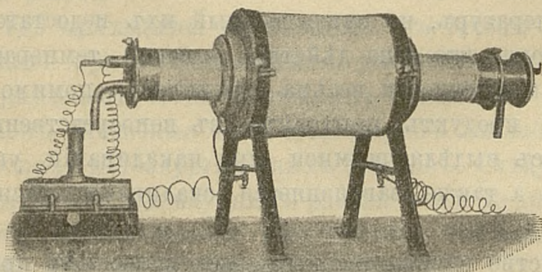
ляется количество тепла, пропорціональное произведенію изъ квадрата силы тока на сопротивленіе этого проводника и на время.

Вообразимъ себѣ неширокую фарфоровую трубку, или муфель, обмотанную снаружи тонкою платиновою проволокою. Если черезъ эту проволоку пропустить электрическій токъ, то она нагрѣется, даже накалится и передастъ тепло во внутреннее пространство фарфоровой трубки, а слѣдовательно и помѣщенному въ ней предмету. Фарфоровая трубка свободно вставлена въ болѣе широкую шамоттовую трубку, а эта послѣдняя, въ свою очередь, въ широкую желѣзную трубу. Кольцевое пространство между обѣими послѣдними трубами заполняется изолирующимъ матеріаломъ; кромѣ того и желѣзная труба обшивается азбестомъ. Таково въ общихъ чертахъ устройство электрической печи съ обмоткою изъ платиновой проволоки.

Недостатокъ только что описаннаго типа печей обусловливается невозможностью примѣнять для обмотки слишкомъ тонкую платиновую проволоку, ибо послѣдняя быстро прогораетъ. Практика остановилась на проволокѣ толщиною въ 2 м.м.; но печь съ обмоткою изъ проволоки указанной толщины обходится слишкомъ дорого, ибо приходится израсходовать на одинъ нагрѣвательный аппаратъ нѣсколько сотъ граммовъ платины.

Фирма Гереусъ въ Ганау устранила указанный недостатокъ, замѣнивъ проволочную обмотку на фарфоровомъ цилиндрѣ спиральною обмоткою изъ весьма тонкихъ платиновыхъ листовъ, соединенныхъ въ формѣ ленты.

Опыты, произведенные въ лабораторіи Гереуса, показали, что наилучшіе результаты даютъ платиновые листы, толщиною въ 0,07 м.м. На обмотку фарфоровой трубы, діаметромъ въ 25



Фиг. 1.

m.m. и длиною въ 250 m.m. расходуется въ этомъ случаѣ не болѣе 3 граммовъ платины.

Электрическая трубчатая печь Гереуса съ обмоткою изъ платиновой фольги, изображенная на фиг. 1-й вмѣстѣ съ пирометромъ Ле-Шателье, получила значительное распространеніе въ металлургическихъ, цементныхъ, керамическихъ и научныхъ лабораторіяхъ. При помощи этого аппарата возможно имѣть черезъ 5—10 минутъ температуру въ 1500° С. Кромѣ быстроты нагрѣва, эта весьма портативная печь представляетъ еще другое существенное удобство, заключающееся въ возможности легко и быстро измѣнять температуру въ нагрѣваемомъ пространствѣ, регулируя силу тока при помощи соотвѣтственнаго реостата. Въ этой печи измѣреніе температуры дѣлается быстро и точно при помощи термоэлектрическаго пирометра Ле-Шателье. Немаловажно и то, что эта печь допускаетъ также замѣну воздуха какимъ-либо инымъ газомъ, напр., кислородомъ или водородомъ. Гереусъ утверждаетъ, что въ его печахъ возможно достигнуть температуры и выше 1700°.

Я позволю себѣ въ этомъ усомниться. Во-первыхъ, какъ показали опыты, при очень высокихъ температурахъ фарфоровая трубка начинаетъ проводить электричество; платина-же пріобрѣтаетъ значительную хрупкость, вѣроятно, вслѣдствіе диффузіи кремнія изъ керамической массы. На основаніи личныхъ наблюденій я могу констатировать, что полученіе температуры даже въ 1400—1500° С. и работа съ нею возможны лишь при соблюденіи чрезвычайныхъ предосторожностей. Печь должна разогрѣваться и остывать весьма медленно, въ противномъ случаѣ при малѣйшей оплошности керамическія части печи, шамоттовая и фарфоровая трубки, даютъ трещины и платиновая фольга рвется. При нѣсколько форсированной работѣ легко можетъ расплавиться тонкая платиновая фольга, даже когда температура внутри печи едва достигаетъ 1000° С.

Я полагаю, что электрическая лабораторная печь Гереуса, является незамѣнимою при работахъ съ температурами ниже 1000°С; для болѣе-же высокихъ температуръ слѣдуетъ принимать иного типа электрическіе нагрѣвательные аппараты, къ описанію которыхъ я перехожу [1]).

[1]) Гереусъ въ послѣднее время очень усовершенствовалъ свою печь тѣмъ, что замѣнилъ непрочную систему фарфоровой трубки, обмотанной

На собраніи Лондонскаго Королевскаго Общества Гаркеръ демонстрировалъ 13 апрѣля 1905 г. электрическую лабораторную печь, при помощи которой онъ легко получалъ температуры въ предѣлахъ отъ 800°—2000°С.

Эта печь состоитъ изъ трубы, сдѣланной изъ того-же матеріала, что и палочки лампы Нернста, а къ обоимъ концамъ трубы прикрѣплены электроды.

Труба эта окружена другою, фарфоровою трубою, обмотанною никкелевою проволокою. Кольцеобразное пространство между обѣими трубками заполнено окисью цирконія. Электрическій токъ, проходящій черезъ никкелевую проволоку поднимаетъ температуру промежуточнаго пространства до 1000°С; а токъ, проходящій черезъ внутреннюю трубку, доводитъ уже ея температуру до 2000°С. При помощи этого аппарата Гаркеръ вновь опредѣлилъ температуру плавленія платины и изъ 50 опытовъ нашелъ, что она равна 1710°С.

III. Криптоловыя электрическія печи.

(Kryptol Gesellschaft, Berlin).

Въ этихъ, въ самое послѣднее время предложенныхъ печахъ, разработанныхъ Фёлкеромъ, Бермбархомъ и др., проводникомъ тока служитъ не платиновая фольга, или проволока, какъ это мы видѣли въ печахъ Гереуса, но особая масса, состоящая изъ мелкихъ черныхъ угловатыхъ зеренъ, составъ которыхъ держится пока въ секретѣ. По всей вѣроятности криптолъ состоитъ изъ модифицированнаго углерода въ смѣси съ силицидами и съ нѣкоторыми иными неорганическими веществами.

Если распредѣлить криптолъ рыхлымъ слоемъ на непроводящей токъ подстилкѣ между двумя угольными электродами и пропустить токъ, то между сосѣдними зернами криптола пробѣгаютъ электрическія искорки и образуется множество миніатюрныхъ вольтовыхъ дугъ. По мѣрѣ прохожденія тока отдѣль-

---

тонкою лентою платины, сплошною трубою изъ чистаго иридія. Когда черезъ эту трубу проходитъ токъ въ 1200 амперъ при 5 вольтахъ, температура легко поднимается до 1500°—2000°С и держится въ теченіе какого угодно времени безъ вреда для печи. Намъ удалось видѣть такую печь въ Государственномъ Техническомъ Учрежденіи въ Берлинѣ и слышать о ней наилучшіе отзывы. *Редакція.*

ныя искорки мало по малу исчезаютъ и черезъ сравнительно короткій промежутокъ времени, послѣ замыканія тока, наступаетъ равномѣрное раскаливаніе всей массы криптола.

Конечно примѣненіе массы, названной криптоломъ, основано не только на сопротивленіи, оказываемомъ току воздухомъ, заполняющимъ промежутки между отдѣльными зернами массы, но и на сопротивленіи току самаго криптола. Другими словами въ криптоловыхъ печахъ использовано собственно два принципа нагрѣванія электрическими токами: принципъ вольтовой дуги и накаливаніе вслѣдствіе сопротивленія, которое оказываетъ данное вещество проходящему черезъ него току.

Достоинства криптоловыхъ печей слѣдующія:

1⁰. Въ этихъ печахъ исключено примѣненіе непрочныхъ платиновыхъ частей.

2⁰. Измѣняя соотвѣтствующимъ образомъ химическій составъ криптоловыхъ зеренъ, а также ихъ форму и величину, возможно имѣть сопротивленія, пригодныя для быстраго полученія весьма разнообразныхъ температуръ между комнатною и свыше 2500⁰С,—и, что особенно важно при болѣе точныхъ работахъ, температура криптоловой печи можетъ быть легко регулируема соотвѣтствующимъ измѣненіемъ толщины слоя криптоловаго порошка, т. е. поперечнаго сѣченія накаливаемаго проводника.

3⁰. Криптолъ можетъ имѣть примѣненіе для нагрѣванія цѣлаго ряда разнообразнѣйшихъ аппаратовъ, имѣющихъ примѣненія какъ въ общежитіи, такъ и въ техническихъ и научныхъ лабораторіяхъ.

Но на ряду съ указанными достоинствами нельзя не указать и недостатковъ.

Замѣченный нами серьезный недостатокъ лабораторныхъ нагрѣвательныхъ аппаратовъ съ криптоломъ—это невозможность примѣнять при работѣ съ послѣднимъ платиновую посуду; невозможность примѣнять для измѣренія высокихъ температуръ извѣстный термоэлектрическій пирометръ Ле-Шателье. Когда печь въ ходу, то обнаруживается, что изъ раскаленной криптоловой массы выдѣляются газы, вѣроятно, соединенія углерода.

Эти послѣдніе, по всей вѣроятности, дѣлаютъ платину чрезвычайно хрупкою и обусловливаютъ этимъ ея порчу.

Тонкая платиновая проволока буквально таетъ на глазахъ. Стѣнки платиновыхъ тиглей и чашъ также быстро утоняются и

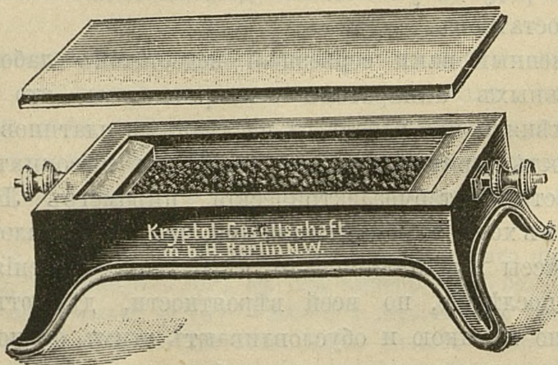
и растрескиваются. Для полученія указанныхъ эффектовъ достаточно, чтобы платиновыя издѣлія побывали въ криптоловыхъ печахъ въ теченіи 10—15 минутъ. Не предохраняетъ отъ разрушенія платиновыхъ издѣлій и накаливаніе ихъ въ глиняномъ муфелѣ, вѣроятно, вслѣдствіе диффузіи черезъ стѣнки послѣдняго углеродистыхъ газовъ, выдѣляющихся при прохожденіи электрическаго тока черезъ криптоловую массу. Нѣсколько лучшіе результаты дали опыты съ желѣзнымъ тиглемъ, хотя и послѣдній въ концѣ концовъ все-же разрушался: стѣнки тигля постепенно утонялись и затѣмъ давали трещины.

Произведенные нами опыты обнаружили, что работа въ криптоловыхъ печахъ съ тиглями изъ огнеупорной керамической массы возможна лишь при надлежащемъ составѣ послѣдней. При нѣкоторыхъ сортахъ глинъ замѣчается, однако, быстрое разрушеніе тиглей, вслѣдствіе образованія сравнительно легкоплавной массы изъ глинистаго вещества и криптола.

Сравнительно хорошо выдерживали накаливаніе въ криптоловыхъ печахъ огнеупорные глиняные цилиндрики, изготовляемые въ лабораторіи проф. Зегера и Крамера въ Берлинѣ вмѣстѣ съ общераспространенными въ керамической практикѣ пироскопами: „пирамидками Зегера“.

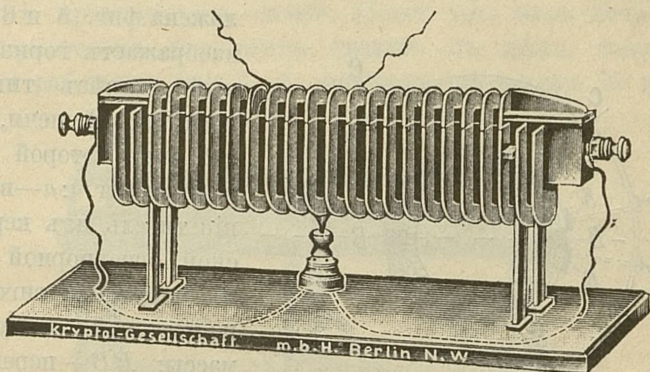
IV. Практическое примѣненіе криптола.

Въ настоящее время криптолъ находитъ уже значительное примѣненіе въ домашнемъ обиходѣ для нагрѣванія самоваровъ, ваннъ, комнатъ и т. д.



Фиг. 2.

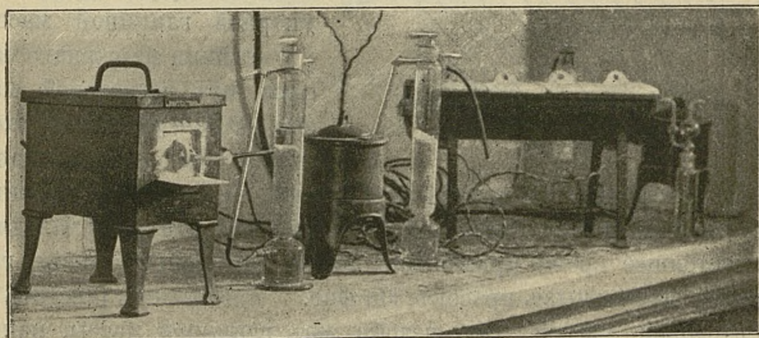
На фиг. 2-ой изображенъ криптоловый нагрѣвательный аппаратъ съ металлическою плитою, на фиг. 3-ей—рифленная баттарея для нагрѣванія комнаты.



Фиг. 3.

Устройство этихъ простыхъ аппаратовъ понятно безъ объясненія. Значительное примѣненіе получилъ также криптолъ для отопленія судовыхъ каютъ и вагоновъ электрическаго трамвая. Берлинское общество „Криптолъ“ строитъ цѣлый рядъ разнообразныхъ криптоловыхъ аппаратовъ, могущихъ имѣть серьезное значеніе въ научныхъ и въ техническихъ лабораторіяхъ, особенно въ цементныхъ и керамическихъ.

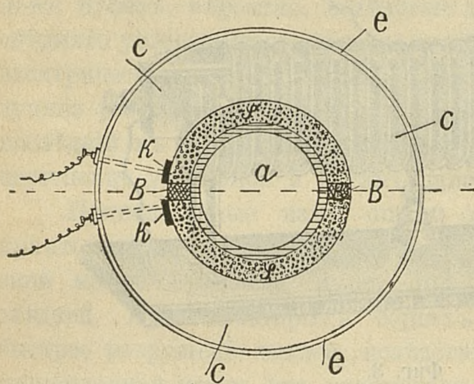
Выпускаемые названною фирмою лабораторные нагрѣвательные аппараты раздѣляются на муфельные, тигельные и трубчатые. Внѣшній видъ этихъ печей представленъ на фиг. 4,



Муфельная. Тигельная. Трубчатая.

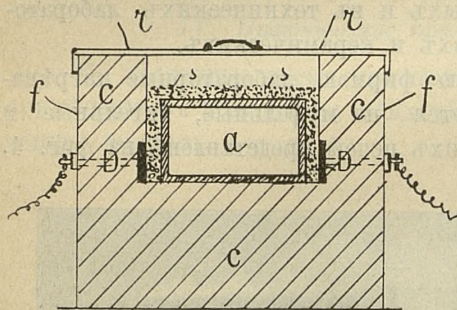
Фиг. 4.

изображающей установку криптоловыхъ печей въ керамической лабораторіи Кіевскаго Политехническаго Института. Для выясненія устройства тигельной и муфельной печи приложена фиг. 5 и 6. Фиг. 5 изображаетъ горизонтальный разрѣзъ тигельной криптоловой печи, внѣшній видъ которой изображенъ на фиг. 4: *a*—внутренній тигель изъ керамической огнеупорной массы; *C*—наружный тигель изъ шамоттовой огнеупорной массы; *BB*—перегородки изъ огнеупорной массы, идущія до дна внѣшняго цилиндра и плотно примыкающія какъ къ стѣнкамъ послѣдняго, такъ и къ стѣнкамъ внутренняго тигеля; *ss*—криптоловая масса, *ee*—чугунный кожухъ; *kk*—угольныя электроды.



Фиг. 5.

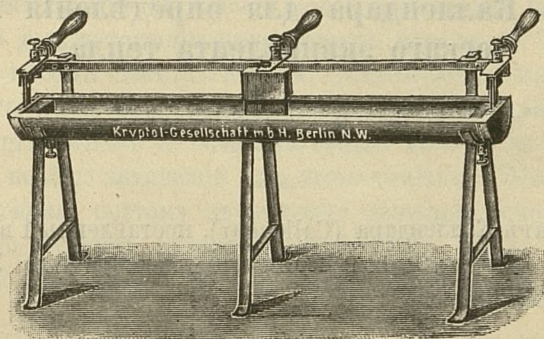
На фиг. 6 изображенъ вертикальный разрѣзъ муфельной криптоловой печи плоскостью параллельной отверстію муфеля. Внѣшній видъ этой печи изображенъ на фиг. 4-ой: *a*—муфель изъ огнеупорной глиняной массы; *c c*—стѣнки наружнаго массива изъ шамотовой массы; *DD*—угольные электробы; *ss* — криптоловая масса; *ff*—наружный чугунный футляръ, *rr*—чугунная крышка.



Фиг. 6.

Помимо указанныхъ выше цѣлей криптоловые аппараты находятъ въ настоящее время примѣненіе также для приготовленія глазурей и муфельныхъ красокъ. На фиг. 7 изображенъ реостатъ съ криптоловой массой. Это желобъ изъ глиняной массы, наполненный криптоловымъ порошкомъ. Дальнѣйшее устройство реостата ясно изъ чертежа. Практика показала, что при рабо-

тахъ съ муфельными и тигельными печами необходимо примѣненіе реостатовъ. Пускать въ ходъ криптоловыя печи слѣдуетъ постепенно. Особенное значеніе это замѣчаніе имѣетъ для муфельныхъ криптоловыхъ печей. Послѣ того какъ печь „заряжена“ криптоломъ и реостатъ введенъ въ цѣпь, токъ замыкаютъ и работаютъ при 3—5 амперахъ въ теченіе 10 минутъ.



Фиг. 7.

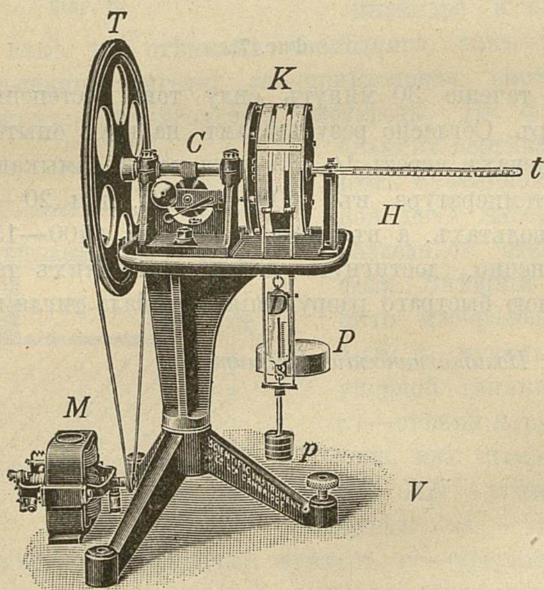
Затѣмъ въ теченіе 30 минутъ силу тока постепенно доводятъ до 20 амперъ. Согласно результатамъ нашихъ опытовъ въ тигельныхъ печахъ черезъ ½—¾ часа послѣ замыканія тока достигается температура въ 1600—1700° *C*, при 20—25 амп. и 100—110 вольтахъ, а въ муфельныхъ—въ 1400—1500° *C*. Возможно, конечно, достигнуть и болѣе высокихъ температуръ, но уже цѣною быстраго разрушенія матеріала тигля или муфеля.

Кіевъ. Политехническій Институтъ.

Аппаратъ Каллендара для опредѣленія механическаго эквивалента тепла.

Е. А. Гопіусъ.

Аппаратъ Каллендара (Callendar), поставленный въ общемъ практикумѣ Физическаго Института Московскаго Университета изображенъ на фиг. 1-й.



Фиг. 1.

Онъ состоитъ изъ цилиндрическаго латуннаго калориметра *K*, который можетъ вращаться около горизонтальной, наглухо съ нимъ соединенной оси *C*. Послѣдняя приводится во вращеніе, либо вращеніемъ маховика *T* отъ руки, либо вращеніемъ его

отъ мотора *M*. Счетчикъ *C*, соединенный съ осью вращенія, считаетъ число оборотовъ калориметра. Въ калориметръ наливается опредѣленное количество воды, температура которой измѣряется изогнутымъ термометромъ *t*, поддерживаемымъ стойкою *H*.

Переходящая въ тепло работа есть работа тренія шелковой ленты *K*, натягиваемой грузомъ *P*, прикрѣпленнымъ къ одному концу ленты. На другой конецъ ленты дѣйствуетъ разность малаго груза *p* и натяженія пружинныхъ вѣсовъ *D*. Перемѣнное натяженіе вѣсовъ автоматически регулируетъ непостоянство тренія ленты о поверхность калориметра во время опыта. Ошибка въ отсчетѣ вѣсовъ не особенно сильно вліяетъ на результатъ, такъ какъ вообще натяженіе ихъ незначительно. Шелковая лента весьма гибка; поэтому съ высокой степенью точности можно считать, что разность нагрузокъ на концахъ ленты равна тангенціальной силѣ тренія на окружность калориметра.

Установка прибора.

Штативъ аппарата привинченъ къ столу. Шелковая лента охватываетъ окружность калориметра полтора раза; три четверти этой окружности покрыты двойной лентой пояса и такое же количество одиночной. Одиночная лента прикрѣплена къ перекладинѣ, привинчиваемой къ подвѣскѣ для малаго груза. За перекладину, прикрѣпленную къ концу двойной ленты, задѣвается крючекъ подвѣски для большого груза.

Ось вращенія калориметра приводится въ горизонтальное положеніе при помощи винта *V*. Для этого нагруженный калориметръ приводятъ во вращеніе и наблюдаютъ, въ какую сторону по образующей цилиндра смѣщается лента; соотвѣтственно этому дѣйствуютъ уравнительнымъ винтомъ *V*.

Въ нашемъ практикумѣ вращеніе прибора производится отъ электрическаго двигателя постояннаго тока. Но полученный отъ „The Cambridge scientific instrument company“ моторъ на $^1/_{10}$ *HP*, хотя и спеціально предназначавшійся для прибора, оказался слабъ и вслѣдствіе этого давалъ неравномѣрное треніе въ приборѣ. Поэтому его замѣнили болѣе сильнымъ ($^1/_4$ *HP*) изъ имѣвшихся въ лабораторіи; соединивъ моторъ съ источникомъ тока черезъ соотвѣтственный реостатъ, весьма легко держать

указатель пружинныхъ вѣсовъ неподвижно на любомъ мѣстѣ ихъ шкалы въ теченіе всего опыта.

Для натяженія безконечнаго ремня, моторъ поставленъ на подвижныя отъ винта салазки на рамѣ, привинченной къ столу.

Скорость вращенія калориметра должна быть отъ 60 до 120 оборотовъ въ минуту. При малой скорости увеличивается относительная потеря тепла; при скорости же бо̀льшей 120 оборотовъ изъ калориметра начинаетъ выбрызгиваться налитая въ него вода.

При нагрузкѣ съ одного конца въ 4 килограмма повышеніе температуры составляетъ приблизительно 1,05 градуса на каждые сто оборотовъ.

Поверхности ленты и калориметра должны содержаться въ возможной чистотѣ для того, чтобъ треніе было постояннымъ.

Наливаніе воды въ калориметръ производится при помощи резиноваго рукава, надѣваемаго на привертывающуюся къ наружной плоской поверхности калориметра латунную трубочку (отверстіе, куда ввинчивается трубочка, въ прочее время закрыто винтомъ съ кожанной прокладкой). Въ свободный конецъ рукава вставляется воронка и черезъ нее вливается отмѣренное количество воды. Передъ наливаніемъ воды слѣдуетъ убѣдиться, не осталось ли въ калориметрѣ воды отъ прежнихъ опытовъ.

Производство опыта.

1. Охлаждаютъ дестиллированную воду до 10°С.

2. При помощи упомянутаго приспособленія вливаютъ въ калориметръ 350 grm. такой воды.

3. Завинчиваютъ отверстіе для вливанія воды соотвѣтствующимъ винтомъ.

4. Наблюдаютъ за термометромъ, когда онъ покажетъ стаціонарное состояніе.

5. Пускаютъ моторъ, регулируя скорость до надлежащей, и, добавляя малые грузы p, ждутъ, пока треніе сдѣлается постояннымъ (приблизительно черезъ сто оборотовъ).

6. Замѣчаютъ температуру окружающаго воздуха (t_0).

7. Слѣдя за счетчикомъ, отмѣчаютъ температуры $t_1, t_2, t_3, \ldots t_n$ черезъ каждые сто оборотовъ оси и одновременно соотвѣтствующія показанія вѣсовъ $D_1, D_2, D_3, \ldots D_n$. Отсчетъ температуръ прекращаютъ тогда, когда температура воды сдѣлается приблизительно настолько выше температуры окружающаго воздуха, насколько она была ниже этой температуры при началѣ наблюденій, т. е. приблизительно: $t_n - t_0 = t_0 - t_1$. Можно было бы конечно поступать такъ, чтобы предыдущее равенство выполнялось точно, а не приблизительно, т. е. замѣчать показаніе счетчика въ моментъ, когда это равенство имѣетъ мѣсто, но такъ какъ температура поднимается весьма медленно, то такой способъ отсчета можетъ внести большую субъективную ошибку. Поэтому удобнѣе отсчитывать температуры черезъ сто оборотовъ, употребляя при подсчетѣ интерполяцію.

Подсчетъ результатовъ.

Изъ опыта имѣемъ слѣдующія значенія:

P — большой грузъ на лентѣ.

p — малый грузъ на лентѣ.

D — натяженіе вѣсовъ (среднее).

S — длина окружности калориметра.

n — число оборотовъ калориметра.

Δt — соотвѣтствующее измѣненіе температуры.

τ — водяной эквивалентъ калориметра.

η — водяной эквивалентъ термометра.

Q — вѣсъ налитой въ калориметръ воды.

Тогда механическій эквивалетъ тепла J опредѣлится съ достаточнымъ приближеніемъ по формулѣ:

$$J = \frac{nS\,(P + D - p)}{(Q + \tau + \eta)\,\Delta t}.$$

Примѣръ.

Изъ опыта найдено:

$n = 600;\ p = 50\,gr.;\ D = 40\,gr.;\ P = 4000\,gr.$

Взято воды: $Q = 360\ gr.$

Найдены температуры черезъ каждые сто оборотовъ:

$$
\begin{array}{ll}
t_1 = 13,80\ ; & t_5 = 18,25 \\
t_2 = 15,00\ ; & t_6 = 19,30 \\
t_3 = 16,10\ ; & t_7 = 20,35 \\
t_4 = 17,20\ ; & \Delta t = \ \ 6,55^0
\end{array}
$$

Температура воздуха $t_0 = 17^0 C$.

Нашему прибору соотвѣтствуютъ:

$$S = 0,477^{mt};\ \tau = 0,042\ kgr.;\ \eta = 0,001\ kgr.$$

Отсюда, согласно формулѣ,

$$J = \frac{600 \times 0,477\ (4000 + 40 - 50)}{(0,360 + 0,042 + 0,001) \times 6,55} = 432.$$

Образцовый физическій классъ.

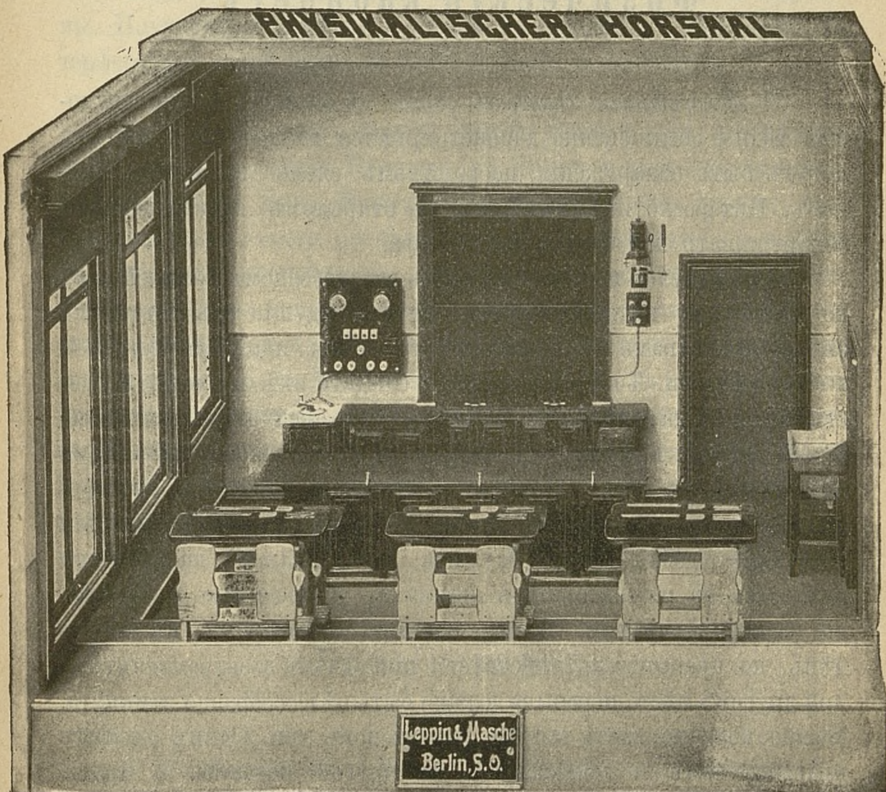
Леппинъ и Маше помѣстили на выставкѣ, бывшей нынѣшнею весною въ Берлинѣ во дворцѣ императрицы Фридрихъ, модель нормальнаго физическаго класса въ 1/10 натуральной величины, внутреннее устройство котораго видно на приложенной фигурѣ 1-ой. Надлежащее устройство и оборудованіе физическаго класса весьма важно для успѣшности преподаванія, а потому мы обращаемъ вниманіе читателя на эту попытку создать типъ нормальнаго класса.

На стѣнѣ, за спиною преподавателя, находится двойная подвижная стѣнная доска; слѣва отъ нея установлена распредѣлительная доска со всѣми необходимыми приборами для манипуляцій съ электрическимъ токомъ; справа —зеркальный гальванометръ съ коммутаторомъ и шунтами для измѣненія его чувствительности. Дверь ведетъ въ физическій кабинетъ, изъ котораго подаются инструменты на особомъ катящемся столикѣ.

На лѣвой стѣнѣ съ тремя окнами, освѣщающими лекціонный столъ и весь классъ, устроено образцовое затемненіе; оси шторъ вращаются на стальныхъ шарикахъ, а потому шторы развертываются очень легко, свертываются же онѣ автоматически.

На правой стѣнѣ установленъ удобный и помѣстительный водоотливъ въ водопроводомъ.

Передъ преподавателемъ установленъ большой, хорошо оборудованный лекціонный столъ, съ газовыми кранами и электрическими борнами. А въ классѣ стоятъ рядами ученическія скамьи, расположенныя на послѣдовательно возвышающихся террасахъ.



Фиг. 1.

Эта модель есть результатъ многолѣтняго опыта, и каждая ея деталь перерабатывалась фирмою въ теченіе многихъ лѣтъ, пока ей, наконецъ, не удалось все соединить въ одно гармоническое цѣлое.

Кто интересуется деталями, тотъ найдетъ ихъ подробное описаніе въ Berichte über Apparate und Anlagen ausgeführt von Leppin und Masche.

Мы пользуемся этимъ случаемъ, чтобы рекомендовать для той-же цѣли, а въ особенности для устройства практическихъ занятій въ средней школѣ, очень хорошее руководство H. Hahn'a подъ заглавіемъ: „Wie sind die physikalishen Shülerübungen zu gestalten. Berlin. 1905“.

Физическій кабинетъ.

1. *Демонстрація стоячихъ звуковыхъ волнъ.* Стоячія звуковыя волны обыкновенно демонстрируются въ трубкахъ, гдѣ онѣ могутъ быть обнаружены посредствомъ очень легкихъ порошковъ. Интересно ихъ получить въ открытомъ пространствѣ и обнаруживать непосредственно ухомъ.

Для полученія стоячихъ волнъ въ свободномъ воздухѣ можно заставить интерферировать волны, идущія отъ источника звука, съ волнами отраженными отъ стѣны или другой какой-либо плоскости. Тогда возможно наблюдать ихъ и ухомъ, и чувствительной перепонкой. Но волны отраженныя значительно слабѣе идущихъ прямо отъ источника и это сильно вліяетъ на чистоту опыта. Лучше взять *два* сильныхъ источника звука и помѣщать ихъ на нѣкоторомъ другъ отъ друга разстояніи. Для этой цѣли удобно могутъ служить два одинаково настроенные камертона на резонаторныхъ ящикахъ, приводимые въ движеніе электромагнитами. Электромагниты включаются въ общую цѣпь, но прерыватель дѣйствуетъ при одномъ электромагнитѣ, а при другомъ мѣсто перерыва должно быть цѣлесообразно замкнуто. Можно, конечно, взять такихъ камертоновъ три. Одинъ служитъ прерывателемъ и помѣщается въ другой комнатѣ, а другіе два служатъ собственно для полученія явленія. Если помѣстить такіе камертоны по срединѣ большой пустой комнаты, то во всемъ окружающемъ пространствѣ будутъ распредѣлены по нѣкоторымъ кривымъ узлы и пучности, которые легко и ясно наблюдаются ухомъ, если переходить съ одного мѣста на другое или присѣдать и подниматься.

Для той-же цѣли можно пользоваться и однимъ источникомъ звука, напримѣръ, дудкой или свисткомъ. Тогда приходится помѣстить свистокъ въ коробку со стѣнками обложенными ва-

той, вывести звуковыя колебанія черезъ трубку и посредствомъ тройника раздвоить трубку на двѣ длинныя вѣтки, концы которыхъ и будутъ служить источниками звука въ открытомъ пространствѣ. Если въ этомъ опытѣ взять свистокъ высокаго тона,—слѣдовательно съ короткой волной, то при спокойномъ положеніи головы мы слышимъ ровный тонъ. Онъ переходитъ въ дребезжащій при движеніи головы.

Если эти опыты хорошо настроить, то они довольно эффектны. Поучительны они по аналогіи съ свѣтовыми явленіями интерференціи, хотя здѣсь и нѣтъ полнаго соотвѣтствія.

А. Л.

2. *Новый припой „Тиноль"*. Этотъ припой есть изобрѣтеніе металлическаго завода Кюппера въ Боннѣ и состоитъ изъ массы похожей на мазь. Манипуляція съ нимъ очень проста: спаиваемыя поверхности сначала смазываютъ тиноломъ, а затѣмъ ихъ медленно прогрѣваютъ при помощи паяльника или пламени до плавленія припоя. Фирма выпускаетъ тиноль разнаго состава для припоя цинка, свинца, мѣди, латуни, никкеля, жести и стали. Д-ръ М. Корзепіусъ, ознакомившись съ превосходными свойствами тинола, очень рекомендуетъ его употребленіе вмѣсто обыкновенныхъ припоевъ, которые далеко не даютъ такого чистаго и прочнаго спая, какъ тиноль, и требуютъ бо́льшихъ предосторожностей при спайкѣ.

E. T. Z. 1906, p. 653.

Библіографія.

1. *H. A. Lorentz.* Lehrbuch der Physik zum Gebrauche bei akademischen Vorlesungen. Uebersetzt von G. Siebert. Bd. I. Leipzig, A. Barth, 482 S. 1906. M. 9.

Этотъ только что вышедшій въ свѣтъ учебникъ физики написанъ очень извѣстнымъ въ настоящее время голландскимъ ученымъ Г. А. Лоренцомъ, профессоромъ въ Лейденѣ, которому физика обязана рядомъ превосходныхъ работъ по новѣйшей оптикѣ и ученію объ электронахъ. Еще недавно, въ №№ 1 и 2 Физическаго Обозрѣнія за 1906 г. была помѣщена его рѣчь о результатахъ и задачахъ электронной теоріи.

Въ первомъ томѣ разсматриваемаго учебника изложена такъ называемая механическая часть физики и теплота. Сразу чувствуется сила автора и разносторонность его дарованья, а потому является большое нетерпѣніе въ ожиданіи второго тома, въ которомъ Лоренцъ изложитъ звукъ, свѣтъ и электричество.

Такъ какъ въ Лейденѣ эспериментальную физику читаетъ проф. Каммерлингъ-Оннесъ, то проф. Лоренцъ читаетъ математическую физику и экспериментальный курсъ только для медиковъ. Настоящее руководство, нѣсколько развитое и дополненное, и предназначено собственно для нихъ. Однако, оно составлено такъ глубоко и разнообразно, что изученіе его можетъ принести большую пользу всякому читателю.

Первая половина книги, 224 стр., посвящена математическому введенію и механикѣ, которая изложена очень обстоятельно и очень интересно, съ очень несложными вычисленіями. Вторая ея половина заключаетъ ученіе о твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлахъ, выводы термодинамики и ея приложенія къ объясненію цѣлаго ряда тепловыхъ явленій.

Наиболѣе новымъ и удачнымъ намъ представляется элементарное изложеніе основъ кинетической теоріи газовъ и началъ термодинамики, а равно умѣлое и разнообразное примѣненіе полученныхъ результатовъ къ разъясненію явленій въ жидкостяхъ и парахъ.

Новое руководство составлено оригинально въ отношеніи распредѣленія научнаго матеріала. Авторъ не стѣсняется пояснять свои выводы различными примѣрами изъ другихъ областей физики; поэтому, хотя формально ни одна глава прямо и не посвящена теплотѣ, тѣмъ не менѣе въ разныхъ мѣстахъ этой интересной книги ученіе о теплотѣ изложено весьма основательно.

Основной характеръ учебника Лоренца—краткое, сжатое, теоретическое объясненіе разбираемаго вопроса. Описаніе инструментовъ, ихъ рисунковъ, методологіи, таблицъ и т. д. здѣсь нѣтъ. Эта книга есть прекрасное пособіе для слушателя, который все это видѣлъ на лекціяхъ. Конечно, такая особенность изложенія можетъ превратиться въ трудность при чтеніи и пониманіи для того, кто еще мало освѣдомленъ.

Мы рекомендуемъ эту книгу вниманію физиковъ и обращаемъ ихъ вниманіе на полноту и серьезность курса физики, читаемой медикомъ въ Голландіи.

2. *Dr. J. Classen.* Zwölf Vorlesungen über die Natur des Lichtes. Leipzig, Göschen, 1905, S. 249. M. 4.

Эти прекрасныя двѣнадцать публичныхъ лекцій о природѣ свѣта проф. Классенъ прочиталъ въ Гамбургѣ зимою 1904—1905 г. Особенность ихъ заключается въ большой простотѣ изложенія, обходящемся вовсе безъ формулъ. Курсъ Классена напоминаетъ превосходныя лекціи Тиндаля, но онъ гораздо шире задуманъ и новѣе изложенъ. Тутъ не только разсмотрѣны извѣстныя свойства свѣта: отраженіе, преломленіе, свѣторазсѣяніе, интефференція, диффракція, дв. лучепреломленіе и поляризація, но серьезно затронуты также электрическія колебанія, явленія Герца, электрическія волны и многое другое, что Классенъ счелъ нужнымъ взять изъ современнаго ученія объ электричествѣ, чтобы обосновать экспериментально электромагнитную теорію свѣта и указать на аналогіи и глубокія связи между свѣтовыми и электрическими волнами.

Подобную попытку изложенія мы встрѣчаемъ впервые и считаемъ своимъ долгомъ отмѣтить ее. Начиная съ седьмой лекціи, интересъ читателя все растетъ и не слабѣетъ до послѣдней главы. Очень хороша одиннадцатая лекція, въ которой Классенъ говоритъ объ абсолютномъ предѣлѣ инфракрасной области спектра, устанавливаемомъ на основаніи изслѣдованій Рубенса надъ остаточными лучами (Reststrahlen). Эту лекцію мы воспроизведемъ въ одномъ изъ ближайшихъ нумеровъ цѣликомъ.

Мы обращаемъ вниманіе на эту книгу; ее стоитъ почитать. Слабою ее стороною нужно признать неудачныя иллюстраціи, которыя часто ничего не прибавляютъ къ тексту и которыхъ вообще мало.

3. *P. Appel et J. Chappuis,* Leçons de mécanique élémentaire t. I et t. II, Paris, 1905. 6 fr. 75 c.

Учебникъ элементарной механики Аппеля и Шаппюи составленъ примѣнительно къ новымъ программамъ, введеннымъ 31 мая 1902 года во французскихъ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ. Часть программы по элементарной механикѣ является общею, какъ для учениковъ, спеціализирующихся на латинскомъ языкѣ, такъ для учениковъ, спеціализирующихся на новыхъ языкахъ (Classes de première C et D). Эта часть курса изложена въ первомъ томѣ учебника. Второй же томъ предназначенъ

лишь для учениковъ, изучающихъ спеціально математическія науки (Classes de mathématiques A et B).

Первый томъ учебника распадается на двѣ части, геометрическую и механическую. Первая часть содержитъ въ себѣ теорію векторовъ, вторая—кинематику точки и кинематику неизмѣняемой системы.

Ученики, приступающіе къ изученію механики по программамъ 31 мая 1902 года, уже знакомы съ понятіемъ о производной (скалярной). Благодаря этому авторамъ разсматриваемаго учебника удалось придать изложенію кинематики большую простоту и ясность. Въ концѣ кинематики точки авторы даютъ также опредѣленіе геометрической производной. Намъ кажется, что изложеніе кинематики еще болѣе выиграло бы въ простотѣ, еслибы въ основу кинематики было положено понятіе о производной геометрической, а не скалярной.

Какъ на особенное достоинство разсматриваемаго учебника кинематики въ сравненіи съ другими однородными учебниками слѣдуетъ указать на то, что Аппелль и Шаппюи, трактуя о движеніи точки или неизмѣняемой системы, выдвигаютъ на первый планъ понятіе объ относительности всякаго движенія.

Второй томъ содержитъ продолженіе кинематики неизмѣняемой системы (цилиндрическія колеса, плоскія сочлененія), статику и динамику. Изложеніе статики и динамики мало отличается отъ обычнаго изложенія этихъ отдѣловъ въ другихъ однородныхъ французскихъ учебникахъ.

Общія положенія, законы и теоремы выясняются въ учебникѣ на многочисленныхъ, весьма удачно выбранныхъ примѣрахъ. Кромѣ того, имѣется много задачъ для упражненія.

Въ виду указанныхъ достоинствъ учебника, особенно его перваго тома, мы позволяемъ себѣ обратить на него вниманіе г. переводчиковъ. На нашъ взглядъ учебникъ Аппелля и Шаппюи могъ бы служить хорошимъ пособіемъ при изученіи кинематики въ нашихъ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ.

П. Воронецъ.
